IV. 1846. *Gennajo-Febbrajo*

CIMENTO

GIORNALE

di

A, CHIMICA E STORIA NATURALE

COMPILATO

DAI PROFESSORI

UCCI, MOSSOTTI, PACINOTTI, PILLA, PIRIA,

SAVI PAOLO e SAVI PIETRO

Provando ed osservando

Pubblicato il 7 Maggio

Pisa 1846

Dalla Tipografia di Rocco Vannucchi

Piazza S. Frediano n.° 964.

SOMMARIO

PACINOTTI e PERI. Ricerche sperimentali sulla portata dei differenti orifizi, e sulla contrazione delle respettive vene fluide . pag. 3
PIRIA. Studi sulla costituzione chimica dell' asparagina e dell' acido aspartico . . . . » 55
MATTEUCCI. Osservazioni, sull' esperienze alla forza elettro-motrice della terra, del Professor *Magrini* di Milano . . . . » 73
— r impedire
. . . . » 83
OHM vanico . » 85

M ASCICOLO

li Giugno.

MOS matica al Con-

PACINOTTI e NICCOLI. Esperienze dirette a determinare la legge del moto dell' acqua negli strati prossimi al foro dell' efflusso.
MATTEUCCI. Sulla contrazione indotta.
CIMA. Applicazione della corrente elettrica alla terapeutica, e modo d' agire della medesima.
FELICI. Nota sulla termo-elettricità.
OHM. Teoria del circuito galvanico (*Continuazione*).

REALE ACCADEMIA DELLE SCIENZE DI TORINO
G2 II 3

CIMENTO

GIORNALE

di

FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

COMPILATO

DAI PROFESSORI

MATTEUCCI, MOSSOTTI, PACINOTTI, PILLA, PIRIA,

SAVI PAOLO e SAVI PIETRO

R. ACCADEMIA delle SCIENZE Torino

ANNO IV.

Provando ed osservando

Pisa 1846
Dalla Tipografia di Rocco Vannucchi
Piazza S. Frediano n.° 964.

Ricerche sperimentali sulla portata dei differenti orifizi, e sulla contrazione delle respettive vene fluide.

del Prof. LUIGI PACINOTTI *e del Dott.* GIUSEPPE PERI.

R. Acc. delle Scienze Torino

La scienza dell' acque è stata dal 1819 in poi arricchita dei lavori di celebri Idraulici nella parte importante dell' efflusso delle luci scolpite in lastre sottili e verticali. Questo caso che più di frequente presentasi nelle applicazioni, e che era stato con molta estenzione trattato per le luci circolari e quadrate desiderava un maggior numero di esperienze sulle luci rettangolari, quando l' egregio Bidoni intese a riempirne il difetto, sovvenendo ancora alla circostanza in cui la contrazione della vena non ha luogo su tutti i lati dell' orifizio. (Accad. di Torino T. XXVII. pag. 83). Nelle sue esperienze però la profondità dell' acqua sul centro della luce non variava che dai 24 ai 40 diametri e non poteasi dedurre quale sarebbe stato l' effetto della contrazione per le profondità minori. Di provvedere a questo fu data commissione dal Governo Francese ai Signori Poncelet e Lesbros, i quali intrapresero a Metz una bella ed interessante serie di esperienze

sopra luci rettangolari a grandi dimensioni, e con dei carichi che variavano da 0m,01 a 1m,70. I rettangoli di cui fecero uso aveano la base costante di 0m,20, e le loro altezze furono successivamente 0m,20; 0m,10; 0m,05; 0m,03; 0m,02; 0m,01. Assumendo poi i carichi per ascisse, e i coefficienti di contrazione che gli corrispondono per ordinate, tracciarono la curva relativa a ciascheduno orifizio, e col suo mezzo determinarono le ordinate o i coefficenti intermedi a quelli direttamente somministrati dall'esperienza. Riuscirono così i prelodati autori a costruire un gran quadro, ove si leggono i coefficenti di contrazione relativi a ciascheduno orifizio, e corrispondenti ai carichi compresi fra quelli citati.

D'Aubuisson in seguito ci offrì i resultamenti dell'esperienze ch'egli pur fece sopra luci rettangolari aventi l'altezza eguale a 0m,01 e la base variabile da 0m,1, a 0m,3.

Queste non meno che quelle di Poncelet, e Lesbros confermano in modo assoluto l'aumento del coefficiente a misura che il carico diminuisce, ma non ne lasciano travedere la legge. Un tal fatto non ci è sembrato di così poca entità, sì per il lato teorico, che per il pratico, da non meritare di essere nuovamente studiato. Le nostre esperienze erano dirette a ritrovare questa legge se pure esisteva, e le abbiamo eseguite sovra rettangoli della medesima altezza, e di base differente, come pure sovra molti orifizi di diversa figura, e presso a poco della medesima area. Talchè lo stesso sentiero che ci guidava alla meta delle nostre ricerche; poteva offrirci ancora il mezzo di pronunciare un giudizio sul rapporto delle portate dei rettangoli che hanno altezze eguali, e sul rapporto delle portate degli orifizi di qualunque figura che presentano egual superficie all'efflusso del liquido.

Dei sedici orifizi che noi abbiamo adoprato, sette sono di figura rettangolare; e questi tranne uno, hanno tutti

l'altezza eguale a due centimetri, e la base variabile dai 5 ai 250 centesimi dell'altezza. Laonde noi abbiamo avuto occasione di osservare come variano le parte dei rettangoli anche quando la loro base è minore dell'altezza; lo che non è stato praticato dai summentovati Autori.

Ciascheduna luce è stata prima rigorosamente disegnata sopra una lastra d'ottone grossa sei decimi di millimetro circa, e quindi con tutta la cura in quella lastra scolpita. Innanzi di porla in opra sono state nuovamente misurate le sue dimensioni con tutto il possibile scrupolo per dedurne l'area respettiva colla maggiore approssimazione che dai mezzi meccanici è dato sperare. Ciò fatto si procedeva all'esperienza dell'efflusso che per tutte le luci è stata ripetuta otto volte con carichi variabili da 0m,05 a 1m,30.

La legge nell'aumento del coefficente al diminuire del carico è comparsa dopo i primi battenti, ed ha persistito finchè la profondità dell'acqua sul centro dell'orifizio si è mantenuta superiore a 10 volte in circa l'altezza dell'orifizio medesimo. Per i battenti minori pare che l'aumento divenga un poco più rapido, ed abbia una certa relazione col precedente da comportare di esser legato con quello in una stessa formula. Ma il numero dell'esperienze dalle quali resulta quest'osservazione essendo troppo piccolo per ritenerla vera, noi ci siamo limitati a dare la sola formula della legge con cui variano i coefficenti di contrazione nei carichi superiori. Vedremo anche come la combinazione di essa con quella che la teoria somministra per calcolare la portata in un secondo di un orifizio di cui sia nota l'area, trasformi quest'ultima in guisa da eliminare da essa la parte indeterminata proveniente dalla difficile valutazione dell'area dell'orifizio, e dal coefficente di contrazione.

Onde procedere all'esposizione dei resultamenti somministrati dalle nostre esperienze coll'ordine richiesto dal

soggetto in questione, noi abbiamo stimato opportuno di dividere la presente memoria in quattro paragrafi.

Esporremo nel primo le esperienze fatte sopra sei rettangoli della medesima altezza, e vedremo come varia la portata al variare della base.

Sarà nel secondo posta in chiaro l'influenza che può avere la figura dell'orifizio sulla portata, e come quest'influenza sia attendibile nella pratica.

Determineremo nel terzo i coefficenti relativi; ricercheremo la legge delle loro variazioni, e ci sarà concesso di stabilire la formula atta a determinarli all'occorrenza.

Alcune esperienze sull'ampiezza del getto, e le respettive osservazioni intorno al suo rapporto colla celerità dell'acqua sul centro dell'orifizio formeranno il soggetto del quarto paragrafo.

§. 1.

Esperienze eseguite sopra Rettangoli della medesima altezza.

L'apparecchio adottato per queste, non che per le altre esperienze sopra rammentate consiste in una bella conserva, murata, le facce interne della quale presentano all'acqua una superficie piana, e liscia. Di forma parallelopipeda, ha per sezione orizzontale un rettangolo con metri 2, 18 di lunghezza, e metri 1, 42 di larghezza: la sua profondità è metri 1, 50, e tale presso a poco è la distanza della parete inferiore al pavimento della sala. Una tromba fissa all'esterno di una delle facce della conserva aspira l'acqua da un pozzo vicino, e la somministra alla conserva medesima. Al di sopra del fondo 0,m11, nella parete opposta è il centro di un cerchio di ferro che ha 0,m175 di diametro, ed è incassato nella parete per modo da non sortir fuori del piano di essa. In questo cerchio è praticato un foro concentrico circolare di 0,m085 di diametro, poco mino-

re del rammentato cerchio di ferro, che forma la base più piccola ed interna di un' apertura conica scavata nella grossezza della parete, la quale si presenta al di fuori con una base di 0,m190 circa di diametro.

Nella parte esterna dell'anello circolare che rimane del cerchio sopra rammentato sono fisse tre viti per ricevere un secondo cerchio metallico da comprimersi contro il primo mediante i dadi delle viti medesime. La lastra metallica in cui è scolpito l'orifizio è interposta fra l'uno, e l'altro dei cerchi rammentati, ed una valvula impedisce l'egresso del fluido dal foro praticato nella parete della conserva, e ad un tempo dall'orifizio in esame.

La valvula si presenta in forma di segmento sferico con superficie di cuojo, e con base poco più grande del foro medesimo, in una parola è un cuscinetto sovra un disco di piombo, il cui piano verticale è fisso ad una verga orizzontale di ferro, la quale si ripiega a breve distanza in alto secondo un arco di cerchio per essere saldata ad un altra verga orizzontale dello stesso metallo. Questa seconda verga giace colla prima nello stesso piano verticale che passa pel centro del foro; è cernierata nella medesima parete del foro 0m,340 al di sopra di esso, e se avanza nella conserva per 0m,80. Alla sua estremità è fissata una cordicella la quale s'inalza verticalmente per avvolgersi ad una puleggia nell'alto della conserva, ed uscirne fuora in direzione orizzontale stando sempre nel piano delle verghe rammentate, il cui sistema forma evidentemente una leva di secondo genere. Tali verghe sono formate in quadrello di ferro di 0m,015, di lato, e il loro peso solo senza il carico dell'acqua serve a premere la valvula contro il foro della parete.

Tirando in basso la cordicella al di fuori della conserva, il braccio più lungo della leva si inalza sopra il fondo per 1m,10; la valvula viene allontanata dalla parete per 0m,350 e s'inalza sul fondo medesimo per 0m,200, circa; cioè 0m,10, al di sopra del centro del foro. Alla massa

dell' acqua presentasi allora la lastra sottile in cui è scolpito l' orifizio in esame. Questa lastra non è nel piano della parete, ma in un piano parallelo distante dal primo della grossezza del gran cerchio che è 0m,006 circa. Potrebbe questa discontinuità influire sulla portata dell'orifizio? Avuto riguardo alla sua area che non eccede i quattro centimetri quadrati (se si eccettuano due soli orifizi) e all' area del foro circolare, la quale è più di 14 volte maggiore, ci sembra impossibile qualunque influenza. Ma l' apparecchio della valvula, e la valvula stessa che rimane quasi ostacolo di fronte alla parete fuor della quale accade l' efflusso, e il movimento che si produce di necessità nella massa dell' acqua allorchè la valvula si allontana dall' orifizio, non sono elleno ragioni bastevoli a dichiarare dubbi i resultamenti dell'esperienze? Noi non lo crediamo in grazia delle posizioni che prendono i pezzi dell' apparecchio, rispetto alla posizione dell' orifizio, e in grazia della massa immensa dell'acqua relativamente alla sua area; la quale fa sì che piccolo, e di breve durata riesca il movimento che le comunica l' apparecchio medesimo. Di ciò siamo stati avvertiti in ogni esperienza non tanto sotto i carichi più forti, quanto ancora sotto i più deboli. La vena fluida in ogni caso appariva immobile nel tratto compreso fra l' orifizio, e la contrazione quasi istantaneamente dopo l'apertura della valvula.

Il centro di figura degli orifizi di forma regolare coincide col centro del foro praticato nella parete della conserva; negli altri casi il loro centro di figura si ritrova al di sotto, o al di sopra del centro del foro, sempre però sull' asse verticale che passa per quest' ultimo. Ma la differenza è si piccola, come vedremo, da non doverne far caso. Il modo poi col quale abbiamo eseguite l' esperienze ci dispensa da ulteriori osservazioni.

Gli orifizi rettangolari da noi usati sono sei: hanno tutti la medesima altezza di 0m,02, e le basi sono suc-

cessivamente 0m,05, 0m,035; 0m,02; 0m,010; 0m,003; 0m,001. In ogni esperienza il loro centro di figura coincide col centro del foro praticato nella parete della conserva. L'altezza dell'acqua sopra l'orifizio, o il suo carico, è misurata dalla distanza del centro di figura alla superficie di livello.

Per ottenere con esattezza misurata questa distanza, noi avevamo applicato alla parte esterna della parete del foro una scala divisa in centimetri, di cui erano stati determinati due punti fissi nel modo seguente. Introdotta l'acqua nella conserva fino ad un altezza determinata, sospendevasi una sfera di rame di un decimetro circa di raggio sulla superficie del liquido per mezzo di una sottile cordicella, che avvolgendosi sulla circonferenza di una puleggia veniva in direzione orizzontale, poi per altra puleggia in direzione verticale, ad uscir fuori della conserva portando alla sua estremità un contrappeso. Il quale mentre non toglieva che la sfera galleggiasse sulla superficie dell'acqua, agiva in guisa che la spinta si facesse nella direzione del tratto verticale della cordicella, e questa che si può suppor sempre di una lunghezza costante rimanesse tesa egualmente in ogni esperienza. Allorchè tutto era in equilibrio si segnava un punto sulla scala corrispondente al lato inferiore del contrappeso, e quindi portata l'acqua nella conserva ad un altra altezza determinata, ed atteso l'equilibrio, segnavasi nello stesso modo un altro punto sulla scala. Questo secondo esperimento è stato fatto solo per assicurarsi dell'azione del galleggiante, giacchè per aver divisa la scala in centimetri bastava avere soltanto segnato al primo punto il numero che esprimeva in centimetri l'altezza dell'acqua sopra il centro dell'orifizio. Così noi abbiamo costituito la scala dei carichi, i quali nelle nostre esperienze sono stati successivamente 1m,30; 0m,975; 0m,65; 0m,325; 0m,30; 0m,20; 0m,10; 0m,05.

Per quanto il galleggiante agisse benissimo, pure a togliere qualunque dubbio sulla misura dei carichi non abbiamo stimato inutile d'averne un riscontro da un tubo comunicante di cristallo adattato ad una delle pareti laterali della conserva. Segnata direttamente su questo tubo l'altezza dell'acqua sul centro dell'orifizio, abbiamo potuto a partire da quella, contrassegnare i punti corrispondenti agli otto carichi rammentati. Sicuri per tal modo d'avere una misura esatta della profondità dell'acqua sul centro dei fori, noi procederemo all'esperienze sull'efflusso ripetendola quattro volte per ciascheduno di essi sotto ogni carico.

Allorchè la superficie dell'acqua avea acquistata la quiete, si apriva la valvula, e un contatore alla mano ci indicava l'istante in cui dovea richiudersi. Poche esperienze preliminari bastano perchè l'occhio dello sperimentatore si assuefaccia a cogliere il primo, e l'ultimo istante che sono quelli in cui la lancetta segna il principio, e la fine della durata d'efflusso espressa in secondi. Col medesimo orifizio, e sotto lo stesso carico noi abbiamo ripetuta l'esperienza per quattro tempi diversi, che sono stati successivamente 30", 20" 10", 5".

Mancava al nostro apparecchio una sorgente d'acqua che alimentasse la conserva e che alimentasse l'efflusso; ma in grazia della sezione orizzontale di essa, la quale essendo 30956 centimetri quadrati, si può considerare estremamente grande rispetto all'area degl'orifizi in questione, e in grazia dei tempi piuttosto piccoli, l'abbassamento della superficie dell'acqua nella conserva era trascurabile in confronto del carico. Nullameno per i due orifizi che eccedono i quattro centimetri quadrati abbiamo ridotta la durata dell'efflusso a 15", 10", 5". Abbiamo inoltre fatto agire la tromba nel tempo dell'efflusso sotto il carico maggiore di 1m,30, nel qual caso la superficie di livello era vicinissima alla bocca del tu-

bo di condotta, dopo essersi assicurati che la quantità dell' acqua che entrava nella conserva era presso a poco eguale a quella che nello stesso tempo sortiva dal minore dei due orifizi rammentati. In ogni altro caso procuravamo che il carico eccedesse di pochi millimetri il vero, onde rimediare in parte al difetto dell' apparecchio. Quest' eccesso ci era generalmente somministrato da un esperienza preliminare, e si prendeva, tale che cessato l' efflusso, la superficie dell' acqua si trovasse al di sotto della sua vera altezza di una quantità eguale all' eccesso datole. Dopo queste precauzioni noi crediamo potersi ritenere le portate come ottenute da un vaso che si mantiene costantemente pieno durante l' efflusso, senza commettere errore sensibile in questo genere di ricerche.

L' acqua effluente è stata misurata in libbre, once e frazioni di oncia toscane, e calcolata, quindi in metri cubici. I resultamenti diretti dell' esperienze ottenute da ciascheduno orifizio sotto ogni carico, e le medie di essi in metri cubici sono riportati nelle tavole che seguono.

Tavola I.

Esperienze fatte con un orifizio rettangolare e verticale in parete sottile avente 0m,02 di altezza e 0m,05 di base.

Carichi	Portate			Totale per i 30″
	in 15″	in 10″	in 5″	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	137.5	91.7	46.0	0,09354
0,975	119.10	80.0	40.1	0,08160
0,65	99.0	66.7	33.6	0,06771
0,325	72.7	48.5	24.3	0,04941
0,30	69.8	46.5	23.0	0,04752
0,20	58.0	38.6	19.4	0,03939
0,10	42.0	28.2	14.2	0,02865
0,05	30.0	20.2	10.1	0,02049

Tavola II.

Esperienze fatte con un orifizio rettangolare e verticale in parete sottile avente 0m,02 di altezza e 0m,035 di base.

Carichi	Portate			Totale per i 30″
	in 15″	in 10″	in 5″	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	96.5	64.8	32.3	0,06576
0,975	84.2	56.3	28.3	0,05736
0,65	69.10	46.9	23.5	0,04761
0,325	51.5	33.10	16.11	0,03474
0,30	48.11	33.0	16.6	0,03348
0,20	40.9	27.2	13.7	0,02778
0,10	29.6	19.8	9.10	0,02019
0,05	21.2	14.3	7.1	0,01446

Tavola III.

Esperienze fatte sopra un orifizio quadrato e verticale in parete sottile avente 0m,02 di lato.

Carichi	Portate				Totali per i 65"
	in 30"	in 20"	in 10"	in 5"	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	110,8	73.10	36.10	18.6	0,08158
0,975	96.8	64.6	32.4	16.2	0,07131
0,65	80.3	53.8	26.10	13.6	0,05928
0,325	58.10	39.4	19.9	9.11	0,04349
0,30	56.7	38.0	19.0	9.5	0,04186
0,20	47.0	31.6	15.11	8.0	0,03484
0,10	34.6	23.2	11.7 1/2	5.10	0,02555
0,05	24.11	16.6	8.3 2/3	4.2	0,01833

Tavola IV.

Esperienze fatte sopra un orifizio rettangolare e verticale in parete sottile, avente 0m,02 di altezza e 0m,01 di base.

Carichi	Portate				Totali per i 65"
	in 30"	in 20"	in 10"	in 5"	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	55.5	37.2	18.9	9.5	0,04108
0,975	48.8	32.6	16.4	8.2	0,03595
0,65	41.0	27.5	13.10 1/2	7.0	0,03003
0,325	29.9	20.0	10.3	5.2	0,02217
0,30	28.9	19.3	9.8	4.11	0,02132
0,20	24.0	16.2 1/2	8.2	4.1	0,01781
0,10	17.9	11.10	6.0	3. 1/2	0,01313
0,05	12.9	8.6 1/2	4.3	2.2	0,00943

Tavola V.

Esperienze fatte sopra un orifizio rettangolare e verticale in parete sottile avente 0m,02 di altezza, e 0m,003 di base.

Carichi	Portate				Totali per i 65"
	in 30"	in 20"	in 10"	in 5"	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met.cub.
1,30	17.10	11.9	5.11	2.11	0,01307
0,975	15.7	10.5	5.2 1/2	2.7 1/2	0,01151
0,65	13.0	8.9	4.4	2.2 1/2	0,00962
0,325	9.9	6.6	3.3 1/2	1.8	0,00722
0,30	9.4	6.4	3.2	1.7 1/2	0,00696
0,20	7.9 1/2	5.4	2.8	1.4	0,00582
0,10	5.9	3.10 1/2	2.0	1.0	0,00429
0,05	4.2 1/2	2.10	1.5	0.8 1/2	0,00312

Tavola VI.

Esperienze fatte sopra un orifizio rettangolare e verticale in parete sottile avente 0m,02 di altezza e 0m,001 di base.

Carichi	Portate				Totali per i 65"
	in 30"	in 20"	in 10"	in 5"	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met.cub.
1,30	7.0	4.7	2.4	1.2	0,00514
0,975	6.1	4.0 1/2	2.0 1/2	1.0 1/2	0,00449
0,65	5.1	3.5	1.8 1/2	0.10 1/2	0,00377
0,325	3.11	2.7	1.3 1/3	0.7 2/3	0,00286
0,30	3.9	2.5	1.3	0.7 1/2	0,00274
0,20	3.2	2.1	1.0 1/2	0.6 1/2	0,00233
0,10	2.3	1.6 1/2	0.9 1/3	0.4 2/3	0,00169
0,05	1.8	1.1 1/3	0.6 2/3	0.3 1/2	0,00124

Esaminando i resultamenti trascritti in ciascheduna tavola si vedono quelli corrispondenti ai tempi minori essere in generale più grandi degli altri ottenuti sotto il medesimo carico nei tempi maggiori. Il rapporto però di quelli che corrispondono a 30'' e 20'' è presso a poco 3:2, come si vede essere di 2 : 1, quello dei resultamenti che corrispondouo a 10'' e 5''. Se il rapporto delle portate in questi ultimi tempi riesce un poco più grande di quello che passa fra essi, e i primi tempi, causa ne è certa il metodo seguito nel fare l'esperienza: ma siccome è più facile peccare in eccesso, quando la durata dell'efflusso è molto piccola, così tenghiamo per fermo che il difetto, d'altronde poco sensibile, del quale possono essere addebitate le portate ottenute negli altri casi, sia con sufficiente approssimazione compensato.

Gli errori sì dell'una, che dell'altra specie, dai quali è impossibile disgiungere qualunque ricerca sperimentale, vengono ridotti ad $^1/_4$ nelle medie che accompagnano ciascheduna tavola per gli orifizi la cui base varia da due centimetri, a un millimetro; e ad $^1/_3$ per gli altri due orifici maggiori, le cui portate appariscono più obbedienti alla nota legge dei tempi.

Ciò non basta: e pria di proferire un giudizio sulla relazione che passa fra le portate di ciascheduno orifizio, e le loro basi bisogna rendere gli errori molto più piccoli. Questo fine sembra raggiunto riducendo alla portata in 1''. Le medie delle portate che sono state ottenute in più tempi diversi. Così gli errori saranno ridotti ad $^1/_{90}$. per orifizi che 5 e 3, 5 centrimetri di base, e ad $^1/_{260}$ per gli altri. Fatta una tale riduzione passiamo a vedere la seguente

Tavola VII.

Che contiene le portate in 1" di ciascheduno degli orifizi usati nelle esperienze precedenti.

Carichi	Portate in 1" dell' orifizio che ha per base					
	0m,05	0m,035	0m,02	0m,01	0m,003	0m,001
m	met. cub.	met. cub.	met. cub.	met. cub.	met. cub.	met. cub.
1,30	0,003118	0,002192	0,001255	0,000632	0,000201	0,000079
0,975	0,002720	0,001912	0,001097	0,000553	0,000177	0,000069
0,65	0,002257	0,001587	0,000912	0,000462	0,000148	0,000058
0,325	0,001647	0,001158	0,000669	0,000341	0,000111	0,000044
0,30	0,001584	0,001116	0,000644	0,000328	0,000107	0,000042
0,20	0,001313	0,000926	0,000536	0,000274	0,000895	0,000035
0,10	0,000955	0,000673	0,000393	0,000202	0,000066	0,000026
0,05	0,000682	0,000482	0,000282	0,000145	0,000048	0,000019

Un leggero colpo d' occhio su questa tavola dimostra ad evidenza che le portate non variano esattamente colle basi degli orifizi, e che sono riuscite in proporzione più grandi in quelli che hanno la base minore dell' altezza. Dubitando che ciò avvenisse perchè l' area di questi orifizi non fosse sufficientemente estesa rispetto alla grossezza della lastra, nella quale sono scolpite, da poterla riguardare sottile nel senso generalmente adottato, noi abbiamo preso l' orifizio che ha un millimetro di base, e dopo aver fatto l' esperienza sotto il carico di 0m,65. col quale ha dato nei tempi . . . 30";20"; 10";5" le portate L. 5. 1; L. 3. 5. L. 1. 8. $^1/_2$ L. 0. 10. $^1/_2$ abbiamo ridotta la grossezza della lastra ad essere poco meno della metà, cioè a dire $^3/_{10}$ circa di millimetro. Allora ripetuta l' esperienza col medesimo carico e pei medesimi tempi

30"; 20"; 10"; 5"

le portate respettive sono state

L. 5. 0. $^2/_5$ L. 3. 5. L. 1. 9. L. 0. 10. $^1/_2$

ossia in 1" la portata dell' orifizio in questione è stata met. cub. 0,000060. superiore di met. cub. 0,000002 alla precedente contro ogni espettativa. È questa cosa trascurabile ma basta a far conoscere che la grossezza della lastra non è per certo la cagione delle differenze notate.

Onde assicurarsi del valore che possono avere queste differenze nella pratica, assumiamo per unità di base quella dell' orifizio maggiore, e parimente prendiamo per unità le respettive sue portate sotto ogni carico. Così verrà calcolata la

Tavola VIII.

Nella quale sono i rapporti delle portate in 1" di ciaschedun orifizio presa per unità quella dell' orifizio di base = 0m,05 che parimente si fa = 1.

Basi	Rapporto fra le basi	Rapporto fra le portate in 1" sotto il carico di							
		1m,30	0m,975	0m,65	0m,325	0m,30	0m,20	0m,10	0m,05
m									
0,005	1,00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,35	0,70	0,7030	0,7030	0,7031	0,7030	0,7045	0,7052	0,7047	0,7068
0,02	0,40	0,4025	0,4033	0,4040	0,4060	0,4065	0,4080	0,4110	0,4130
0,003	0,20	0,2026	0,2033	0,2046	0,2070	0,2070	0,2086	0,2110	0,2120
0,001	0,06	0,0644	0,0650	0,0655	0,0673	0,0675	0,0681	0,0691	0,0702
0,01	0,02	0,0253	0,0253	0,0256	0,0267	0,0265	0,0268	0,0272	0,0278

È chiaro pertanto che nella pratica si ponno ritenere le portate degli orifizi rettangolari proporzionali alle basi sotto la stessa altezza. Risguardata però la cosa dal lato teorico è da notarsi che le portate crescono in una proporzione maggiore delle basi: questo aumento è quasi trascurabile quando la base è maggiore dell' altezza, ma si accresce tanto più quanto la base è più piccola rapporto all' altezza.

§. 2.

Esperienze fatte con orifizi di figura diversa, e di area prossimamente eguale.

Vogliono alcuni che ritener si debba costante la portata degli orifizi quando varia soltanto la loro figura, a meno che il contorno di essi non presenti angoli rientranti (Navier. Lecons Sur l' Application de la Mecanique, 2 partie). Altri convengono che la figura dell' orifizio abbia una qualche influenza sulla portata (D' Aubuisson. Ann. de Chimèe, et de Physique. Tom. XLIV.).

In tale incertezza noi facevamo scolpire dieci orifizi di figura diversa in lastra d'ottone grossa 0m,0006 circa, determinandone le dimensioni per modo che l' area fosse eguale per tutti a 4 centimetri quadrati. L' oggetto nostro era di verificare con essi se realmente la portata degli orifizi rimane la stessa al variare della figura; o accadendo il contrario, se potevasi nella pratica trascurarne l' influenza come la maggior parte degli Autori sostiene.

La stessa conserva d'acqua colla quale abbiamo eseguite le esperienze sopra i rettangoli, è stata adoprata per continuarle sugli orifizi rammentati; e la lastra d' ottone in cui ciascheduno era scolpito si adattava nello stesso modo al foro della parete laterale della conserva. Abbiamo trovato in grazia di queste esperienze che la figura ha un influenza distinta sulla portata; questa influenza è

maggiore per gli orifizi che hanno degli angoli rientranti, ma non è del tutto trascurabile anche negli altri.

Onde procedere con maggior chiarezza all'esposizione delle esperienze fatte su gli orifizi di che è parola, li rappresenteremo colle lettere progressive dell'Alfabeto A, B, C, . . . denotando a ciascheduna lettera la figura dell'orifizio, e dandone successivamente le dimensioni quali erano prese perchè l'area riuscisse di 4 centimetri quadrati.

A. *Circolo.* Il raggio di questo orifizio è 0m,01125: il centro corrisponde al centro del foro della parete alla quale è adattato.

B. *Esagono regolare.* Il lato di questo orifizio è 0m,0124: il suo centro coincide con quello del foro della parete a cui si adatta.

C. *Triangolo equilatero.* Col centro nel punto di mezzo della lastra, e con un raggio eguale a 0m,0175: si descrive un cerchio: il triangolo equilatero iscritto è l'orifizio in questione.

D. *Ellisse.* Pel centro della lastra si conducono due rette ortogonali; si prende sulla prima al di quà, e al di là del loro punto d'intersezione una lunghezza eguale a 0m,007; si prende sulla seconda a partire dallo stesso punto tanto al di sopra, che al di sotto della prima una porzione eguale a 0m,0181, e questi sono gli assi dell'Ellisse.

E. *Triangolo isoscele.* La base del triangolo è 0m,02, la sua altezza 0m,04: il centro del foro della parete, o della lastra corrisponde al centro di gravità della figura.

F. *Rettangolo.* Le sue dimensioni sono 0m,008. e 0m,05, il centro della lastra corrisponde al centro della sua figura.

G. *Losanga.* Le sue diagonali s'incrociano nel centro della lastra: è la minore eguale a 0m,02, la maggiore eguale a 0m,04.

H. *Stella a tre canti.* Sopra i tre lati d'un triangolo equilatero il cui centro coincide con quello della lastra, e

che ha 0m,0116 di lato, sono costruiti tre triangoli isosceli dei quali l'altezza è doppia del lato suddetto. L'area racchiusa dal perimetro della figura stellata che ne resulta è l'orifizio rammentato.

I. *Orifizio conformato a V.* Si conduca pel centro della lastra una retta, e da un punto preso sovra essa distante di 0m,007 dal centro si tirino altre due rette che comprendano un'angolo di 90° che sieno ugualmente inclinate alla prima, e di una lunghezza eguale a 0m,0303. Si costruisca su ciascheduna un rettangolo che abbia 0m,006 di altezza, si prolunghino i loro lati esterni finchè s'incontrino sulla prima retta, e l'area racchiusa dal perimetro dei due trapezi che ne resultano sarà l'orifizio di che è parola.

K. *Arco circolare.* È costituito quest'orifizio dall'area intercetta fra le basi di due settori circolari concentrici, e i lati del loro angolo il quale è $^2/_9$ di 4 angoli retti. Il raggio del maggior settore è 0m,045, quello del minore 0m,0382. L'arco è simmetrico attorno alla retta che passa sul centro della lastra; e questo centro coincide col punto di mezzo dell'arco concentrico descritto con un raggio eguale alla semisomma dei raggi dei due settori.

Son questi gli orifizi che noi abbiamo sottoposto all'esperienza, e queste sono le dimensioni che il calcolo somministrava, onde la loro area equivalesse a 4 centimetri quadrati. Ma per quanta cura si adoperasse nel disegnare sulla lastra le loro figure non abbiamo potuto ottenere che rimanessero inalterate nello scolpirli. Onde è che misurate nuovamente le loro dimensioni prima di porli in azione si sono ritrovate le aree un poco differenti da quattro centimetri, e quali si vedono qui presso date in metri quadrati.

Per l'orifizio	A	Area	0,0003976.
«	B	«	0,0003896.
«	C	«	0,0003900.

«	D	«	0,0003982.
«	E	«	0,0004089.
«	F	«	0,0003900.
«	G	«	0,0003940.
«	H	«	0,0003930.
«	I	«	0,0004142.
«	K	«	0,0004000.

Sebbene le differenze non sieno tali da commettere un sensibile errore ritenendo queste aree come eguali a 4 centimetri quadrati, pure avuto riguardo alla piccolezza degli orifizi noi abbiamo creduto necessario attenersi ai numeri precedenti per discostarsi il meno possibile dal vero.

Il metodo seguito nelle esperienze è lo stesso di quello adottato per l'efflusso dagli orifizi rettangolari della medesima altezza. È stata ripetuta cioè ogni esperienza sotto gli otto carichi 1m,30; 0m,975; 0m,65; 0m,325; 0m,30; 0m,20; 0m,10; 0m,05, e pei quattro tempi successivi 30", 20", 10", 5", su ciaschedun carico. Gli orifizi A, B, C, H si adopravano una sola volta; e due volte tutti gli altri D, F, G, I, K, disponendo i primi tre in modo che i loro due assi coincidessero successivamente colla verticale che passava pel centro del foro praticato nella parete della conserva, e gli ultimi due in modo che volgessero al basso ora la convessità, ora la concavità. Anche sull'orifizio E, sono state due volte ripetute le quattro rammentate esperienze disponendolo in modo che il suo vertice si trovasse ora al di sopra, e ora al di sotto del centro del foro della parete restando però sempre orizzontale la base.

Le figure dei nostri orifizi sono del numero di quelle che il prelodato Bidoni assumeva per osservare la direzione, e la forma della vena. Tutto ciò che concerne un tale argomento è stato ampliamente discusso in una sua

memoria inserita nel Tom. XXXIV degli Annali dell' Accademia di Torino. Il perchè noi ci siamo esclusivamente occupati della portata sotto i diversi carichi, e del loro rapporto in confronto di quello delle aree. Eccone registrati i resultamenti nelle tavole che seguono.

TAVOLA I.

Esperienze fatte sull' orifizio A.

(Circolo)

Carichi	Portate in 30″	Portate in 20″	Portate in 10″	Portate in 5″	Totali per i 65″
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	108.11	72.7	36.4	18.2	0,08028
0,975	94.5	63.7	32.0	16.0	0,07007
0,65	78.9	52.9	26.6	13.3	0,05824
0,325	57.7	38.10	19.3	9.8	0,04264
0,30	55.2	37.0	19.0	9.5	0,04102
0,20	45.9	30.11	15.6	7.9	0,03400
0,10	33.9	22.6	11.3	5.8½	0,02490
0,05	24.0	16.1½	8.2	4.1	0,01781

Tavola II.

Esperienze fatte sull' orifizio B.

(Esagono regolare)

Carichi	Portate				Totali per i 65"
	in 30"	in 20"	in 10"	in 5"	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	105,0	70.0	35.0	17.7	0,07742
0,975	91.4	61.2	30.7	15.0	0,06747
0,65	75.8	50.4	25.9	13.0	0,05603
0,325	54.5	37.0	18.7	9.3	0,04056
0,30	52.6	35.5	17.10	8.11	0,03900
0,20	43.8	29.4	14.8	7.4	0,03231
0,10	31.9	21.3	10.8	5.4	0,02347
0,05	22.10	15.4	7.8 1/2	3.10 1/2	0,01690

Tavola III.

Esperienze fatte sull' orifizio C.

(Triangolo equilatero)

Carichi	Portate				Totali per i 65"
	in 30"	in 20"	in 10"	in 5"	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	110.0	74.7	37.5	18.9	0,08190
0,975	96.6	65.2	32.5	16.2	0,07150
0,65	79.10	53.2	27.4	13.11	0,05928
0,325	58.10	38.8	19.9	9.10	0,04323
0,30	56.3	37.10	18.9	9.6	0,04160
0,20	46.9	31.5	15.9	7.9	0,03458
0,10	34.4	22.10	11.5	5.9	0,02529
0,05	24.8	16.5	8.2	4.1	0,01814

Tavola IV.

Esperienze fatte coll' orifizio D.

(Ellisse)

Carichi	Portate				Totali per i 65"
	in 30	in 20"	in 10"	in 5"	
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	107.8	71.11	36.3	18.2	0,07959
	108.10	72.7	36.3	18.1	0,08019
0,975	94.1	63.0	31.6	15.9	0,06950
	95.0	63.6	31.6	15.9	0,06998
0,65	78.4	52.6	26.1	13.2	0,05785
	79.0	52.10	26.6	13.3	0,05836
0,325	57.7	38.0	19.2	9.7	0,04229
	57.10	38.3	19.2	9.7	0,04246
0,30	55.3	36.9	18.6	9.3	0,04073
	55.7	36.11	18.6	9.3	0,04090
0,20	45.6	30.6	15.5	7.8	0,03336
	46.0	30.11	15.5 1/2	7.8	0,03403
0,10	33.4	22.5	11.3	5.7 1/2	0,02470
	33.7	22.6	11.3	5.8	0,02483
0,05	23.6	16.0	8.0	4.0	0,01752
	24.3	16.5	8.1	4.1	0,01797

Le linee orizzontali superiori corrispondenti a ciaschedun carico contengono le portate per ogni tempo allorchè l' asse maggiore dell' ellisse era verticale; le linee inferiori danno le portate nel caso in cui era verticale l' asse minore.

Tavola V.

Esperienze fatte sull' orifizio E.

(Triangolo isoscele)

Carichi	Portate in 30"	Portate in 20"	Portate in 10"	Portate in 5"	Totali per i 65 "
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met.cub.
1,30	116.9	77.9	38.11	19.6	0,08603
	117.4	78.0	39.0	19.6	0,08634
0,975	101.0	67.11	34.4	17.2	0,07497
	101.5	68.4	34.6	17.2	0,07531
0,65	84.2	56.4	28.3	14.2	0,06222
	84.6	56.6	28.4	14.3	0,06244
0,325	61.6	41.0	20.6	10.3	0,04532
	61.9	41.0	20.6	10.3	0,04541
0,30	58.6	39.1	20.0	10.1	0,04342
	59.4	39.8	20.1	10.1	0,04393
0,20	48.10	32.11	16.6	8.3	0,03622
	49.0	33.0	16.6	8.3	0,03631
0,10	35.6	23.9	11.11	6.0	0,02625
	36.0	24.0	12.0	6.0	0,02653
0,05	25.4	17.0	8.7	4.3 1/2	0,01878
	25.9	17.2	8.8	4.4	0,01902

Le linee orizzontali superiori corrispondenti a ciaschedun carico somministrano le portate nel caso in cui il vertice del triangolo è al di sopra del centro del foro praticato nella parete della conserva; le linee inferiori danno le portate nel caso in cui il vertice è al disotto.

Tavola VI.

Esperienze fatte coll' orifizio F.

(Rettangolo)

Carichi	Portate in 30"	Portate in 20"	Portate in 10"	Portate in 5"	Totali per i 65"
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	111.6	75.0	37.5	18.9	0,08254
	112.6	75.9	37.7	18.10	0,08322
0,975	97.4	65.2	32.10	16.6	0,07205
	98.0	65.9	33.0	16.6	0,07253
0,65	81.6	54.1	27.5	13.9	0,06012
	81.10	54.6	27.6	13.9	0,06039
0,325	59.6	39.10	20.1	10.1	0,04405
	59.11	40.0	20.0	10.0 1/2	0,04422
0,30	56.11	38.4	19.3	9.8	0,04223
	57.6	38.7	19.6	9.10	0,04266
0,20	47.8	31.9	16.0	8.0	0,03517
	48.0	32.0	16.1	8.0 1/2	0,03542
0,10	34.7	23.2	11.8	5.10	0,02559
	35.6	23.9	11.9	5.10 1/2	0,02615
0,0 5	24.7	16.4	8.5	4.3	0,01822
	25.6	17.0	8.6 1/2	4.3 1/2	0,01883

Le linee orizzontali superiori corrispondenti a ciaschedun carico offrono le portate nel caso in cui è verticale l'asse maggiore dell' orifizio; nelle linee inferiori sono registrate le portate ottenute quando l' asse minore è verticale

Tavola VII.

Esperienze fatte coll' orifizio G.

(Losanga)

Carichi	Portate in 30"	Portate in 20"	Portate in 10"	Portate in 5"	Totali per i 65 "
	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	110,3	73,10	36,9	18,5	0,08138
	111,8	74,9	37,0	18,6	0,08229
0,975	95,9	64,10	32,7	16,3	0,07123
	96,2	65,0	32,8	16,5	0,07151
0,65	79,4	53,8	27,2	13,8	0,05913
	79,8	53,10	27,2	13,8	0,05930
0,325	58,0	39,2	19,8	9,10	0,04308
	58,4	39,3	19,8	9,10	0,04324
0,30	56,1	37,4	19,0	9,7	0,04150
	56,6	37,6	19,1	9,6	0,04170
0,20	46,8	31,2	15,8	7,10	0,03447
	46,11	31,3	15,8	7,10	0,03456
0,10	33,9	22,7	11,6	5,9	0,02503
	34,4	22,10	11,6	5,9	0,02528
0,05	23,10	16,3	8,2	4,1	0,01783
	24,8	16,6	8,3	4,1 1/2	0,01818

Nelle linee superiori orizzontali scritte di fronte a ciaschedun carico si leggono le portate dell' orifizio situato in modo che la diagonale maggiore fosse verticale; nelle linee corrispondenti inferiori sono scritte le portate dello stesso orifizio presentato all' efflusso colla diagonale minore verticale.

TAVOLA VIII.

Esperienze fatte coll' orifizio II.

(Stella a tre canti)

Carichi	Portate in 30"	Portate in 20"	Portate in 10"	Portate in 5"	Totali per i 65"
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	114.0	76.3	38.2	19.1	0,08418
0,975	99.6	66.6	33.3	16.8	0,07345
0,65	82.11	55.1	27.7	13.10	0,06104
0,325	60.4	40.4	20.2	10.1	0,04453
0,30	58.0	38.8	19.7	9.10	0,04290
0,20	48.0	32.4	16.3	8.1½	0,03562
0,10	35.1	23.7	11.10	5.11	0,02600
0,05	24.11	17.0	8.6	4.3	0,01859

TAVOLA IX.

Esperienze fatte coll' orifizio I.

(Luce fatta a ∨)

Carichi	Portate in 30"	Portate in 20"	Portate in 10"	Portate in 05"	Totali per i 65"
m	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
1,30	117.0	78.2	39.11	20.0	0,08676
	115.6	77.6	39.8	19.10	0,08588
0,975	101.8	67.7	34.1	17.0	0,07494
	101.0	68.0	34.0	17.0	0,07482
0,65	85.3	57.0	28.7	14.4	0,06298
	84.3	56.6	28.4	14.2	0,06234
0,325	62.10	41.10	20.11	10.5	0,04625
	62.3	41.0	20.8	10.4	0,04566
0,30	60.6	40.6	20.4	10.2½	0,04474
	59.4	39.11	20.1	10.2	0,04404
0,20	50.0	33.4	16.9	8.5	0,03690
	49.2	32.10	16.5	8.3	0,03629
0,10	36.9	24.8	12.4	6.1½	0,02717
	36.2	24.4	12.2	6.1	0,02678
0,05	26.7	17.5	8.9	4.4½	0,01943
	26.0	17.3	8.9	4.4½	0,01918

Le linee orizzontali superiori danno le portate dell' orifizio nel caso in cui volge l' apertura dell' angolo verso il basso; le linee inferiori somministrano quelle ottenute nel caso in cui l' apertura è volta all' alto. Nell' una e nell' altra disposizione la verticale che passa pel centro del foro della conserva, passa ancora pel vertice dell' orifizio.

TAVOLA X.

Esperienze fatte coll' orifizio K.

(Arco Circolare)

Carichi	Portate in 30"	Portate in 20"	Portate in 10"	Portate in 05"	Totali per i 65 "
	lib. on.	lib. on.	lib. on.	lib. on.	met. cub.
m 1,30	114.9	76.0	38.6	19.5	0,08458
	115.5	77.0	38.8	19.5	0,08520
1,975	100 0	66.10	33.8	17.0	0,07398
	100.3	66.11	33.8	17.0	0,07409
0,65	82.10	55.11	27.11	14.0	0,06145
	83.3	56.0	28.0	14.0	0,06166
0,325	61.0	40.5	20.3	10.5	0,04492
	61.3	40.6	20.3	10.5	0,04504
0,30	57.10	38.10	19.11	10.0	0,04305
	58.4	39.3	20.1	10.0 1/2	0,04353
0,20	48.6	32.5	16.3	8.2	0,03582
	48.9	32.6	16.3	8.2	0,03594
0,10	35.1	23.8	11.9	5.11	0,02599
	35.8	23.11	11.9	5.10 1/2	0,02627
0,05	24.10	16.8	8.7	4.4	0,01851
	25.7	17.1	8.8	4.4	0,01893

Nelle linee orizzontali superiori corrispondenti a ciaschedun carico sono scritte le portate allorchè l' orifizio volgeva la concavità al basso, le portate che ha sommi-

nistrato nel caso in cui la concavità era volta all' alto, sono scritte nelle linee inferiori.

La quantità d'acqua sortita da ciascheduno orifizio nei quattro successivi tempi che misurano la durata dell'efflusso sono proporzionali ai tempi medesimi dentro i limiti di quell' approssimazione che è concesso sperare da questo genere di ricerche. Si vede pure dalle tavole precedenti che queste quantità sono maggiori nei tempi più piccoli, come accadeva negli orifizi rettangolari, e ciò per le ragioni a quel luogo accennate: ma l'eccesso su quelle ottenute nei tempi più grandi non è mai tale da condurre errore apprezzabile nelle deduzioni che siamo per farne.

In quanto poi alle portate degli orifizi presentati in due posizioni diverse all' efflusso sotto ciascun carico, le tavole medesime ci avvertono che differenti esse riescono secondo che il centro di pressione ritrovasi nelle due rammentate posizioni diversamente collocato rispetto alla sommità del battente, o al livello dell' acqua. Le quali facendo sì che il carico sopra quel centro ricevesse un aumento, o un decremento, portavano necessariamente un corrispondente aumento, o decremento nelle portate. Queste differenze però sono ben piccole, e non presentano chiara legge passando dal maggior carico al minore; solo è da notarsi che in proporzione dei carichi si presentano più forti in quelli più piccoli dove più sensibile avviene quel poco di aumento, o di decremento che la posizione diversa dell' orifizio vi produce.

Le nostre ricerche, siccome abbiam detto al principio di questo paragrafo miravano a stabilire le differenze di portata prodotte dalla figura degli orifizi. A tale oggetto noi aggiungemmo a ciascuna tavola una colonna nella quale sono notati i totali delle portate ottenute sotto ogni carico pei quattro tempi osservati. Esaminiamo i numeri trascritti in quella colonna, e li vedremo ben di-

versi da un orifizio all'altro. L'area di essi è differente, ma non è nella stessa proporzione differente la portata: che anzi in molti, come nel triangolo equilatero, nel rettangolo, nella losanga, e nella stella a tre canti, i quali tutti hanno un area minore di quella del circolo, avviene che la portata corrispondente sia maggiore di quella del circolo medesimo; in altri il contrario riscontrasi. Lo che è prova incontrastabile dell' influenza prodotta nella portata dalla figura sola dell' orifizio indipendentemente dalla sua area.

Tutto ciò verrà più chiaramente manifesto dal quadro che presentiamo al lettore, e nel quale abbiamo riportata la quantità d' acqua ottenuta in 1" sotto ogni carico. Negli orifizi che sono stati sottoposti due volte all' esperienza questa quantità è stata valutata colla somma delle portate totali somministrate nelle due posizioni, essendo sì piccola la loro differenza da poterlo fare.

Tavola XI.

Che contiene espresse in metri cubici le portate in 1" di dieci orifizi di differente figura.

Orifizj	Area	Portata in 1" sotto il carico di							
		1m,30	0m,975	0m,65	0m,325	0m,30	0m,20	0m,10	0m,05
Circolo	0,0003976	0,001235	0,001078	0,000896	0,000656	0,000631	0,000523	0,000383	0,000274
Esagono regol.	0,0003896	0,001191	0,001038	0,000862	0,000624	0,000600	0,000497	0,000361	0,000260
Trian. equilat.	0,0003900	0,001260	0,001100	0,000912	0,000665	0,000640	0,000532	0,000389	0,000279
Ellisse	0,0003982	0,001229	0,001073	0,000894	0,000652	0,000628	0,000521	0,000381	0,000273
Triango. isosc.	0,0004089	0,001325	0,001156	0,000959	0,000698	0,000672	0,000558	0,000406	0,000291
Rettangolo . .	0,0003900	0,001275	0,001114	0,000927	0,000679	0,000653	0,000543	0,000398	0,000285
Losanga . . .	0,0003940	0,001259	0,001098	0,000911	0,000664	0,000640	0,000531	0,000387	0,000278
Stella a 3 canti	0,0003930	0,001295	0,001130	0,000939	0,000685	0,000660	0,000548	0,000400	0,000286
Luce fatta a V	0,0004142	0,001328	0,001152	0,000964	0,000707	0,000683	0,000563	0,000415	0,000297
Arco circolare	0,0004000	0,001306	0,001139	0,000947	0,000692	0,000666	0,000552	0,000402	0,000288

Da questa tavola emerge la verità che sopra accennammo, e noi crediamo che i numeri qui trascritti possano godere di tutta la fiducia. Poichè gli errori provenienti dall' osservazione sono ridotti ad $^1/_{260}$ negli orifizi sottoposti una sola volta all'esperienza, e ad $^1/_{520}$ in quelli che lo sono stati due volte.

Condotti a tal punto i resultamenti di nostre esperienze passeremo a stabilire le relazioni che hanno luogo fra le effettive portate di ciascheduna luce per confrontarle con quelle che han luogo fra le respettive aree. Assumeremo per unità di area quella del circolo, per unità di portata sotto ciascun carico la quantità di efflusso corrispondente dello stesso orifizio, e costruiremo la seguente.

Tavola XII.

Che contiene il rapporto dell' area di tutti gli orifizj a quella del circolo, e il rapporto delle respettive portate.

Orifizi	Rappo. fra l'aree	Rapporto fra le portate in 1" sotto il carico di								Media dei Rappo.
		1m,30	0m,975	0m,64	0m,325	0m,30	0m,20	0m,10	0m,05	
Circolo	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Esagono regolare .	0,9799	0,9644	0,9629	0,9621	0,9512	0,9508	0,9503	0,9427	0,9488	0,9542
Triang. equilat. . .	0,9809	1,0202	1,0204	1,0178	1,0137	1,0142	1,0172	1,0158	1,0182	1,0172
Ellisse	1,0015	0,9951	0,9953	0,9978	0,9939	0,9937	0,9961	0,9948	0,9963	0,9958
Triangolo isoscele.	1,0284	1,0729	1,0723	1,0703	1,0640	1,0650	1,0670	1,0605	1,0620	1,0668
Rettangolo . . .	0,9809	1,0324	1,0334	1,0346	1,0351	1,0348	1,0382	1,0391	1,0401	1,0360
Losanga	0,9909	1,0194	1,0185	1,0168	1,0122	1,0143	1,0153	1,0105	1,0147	1,0152
Stella a tre canti .	0,9884	1,0486	1,0482	1,0479	1,0442	1,0459	1,0478	1,0443	1,0438	1,0463
Luce fatta a ∨ .	1,0418	1,0753	1,0687	1,0759	1,0778	1,0824	1,0860	1,0835	1,0839	1,0793
Arco circolare . .	1,0060	1,0575	1,0565	1,0569	1,0548	1,0555	1,0573	1,0496	1,0511	1,0549

I rapporti fra le portate dei nostri orifiizi rimangono sensibilmente costanti al variare dei carichi, il perchè noi abbiamo calcolato le medie di questi rapporti nell' ultima colonna della tavola. È facile adesso con queste medie determinare l' effetto prodotto dalla figura dell' orifizio sulla respettiva portata. Riducendo infatti all' unità le aree, troveremo con una semplice proporzione che l' esagono, e l' ellisse danno un efflusso minore a quello del circolo, il primo di $^1/_{38}$, il secondo di $^1/_{178}$. Gli altri orifizi lo danno tutti maggiore, cioè

La Stella a tre canti . . .	di	$^1/_{17}$
Il Rettangolo	di	$^1/_{18}$
L' Arco circolare	di	$^1/_{20}$
Il Triangolo equitatero . . .	di	$^1/_{27}$
Il Triangolo isoscele	di	$^1/_{27}$
La Luce fatta a V	di	$^1/_{28}$
La Losanga	di	$^1/_{41}$

Il conservarsi costanti i rapporti sunnominati sotto ogni carico accenna l' esistenza di una medesima variazione nelle portate di ciascheduno orifizio corrispondente allo stesso carico. Questa variazione è dunque indipendente dalla figura dell' orifizio medesimo, e solo la profondità dell' acqua sul suo centro ne è la causa.

§. 3.

Deduzioni dalle precedenti esperienze per determinare il coefficente di contrazione.

Ammesso che la velocità colla quale l' acqua efluisce da un orifizio qualunque praticata nella parete di un vaso, sia dovuta alla sua profondità sull' orifizio medesimo,

la teoria determina facilmente la portata in 1", o in un tempo determinato.

Detta g la forza di gravità.

A la profondità dell'acqua sul centro dell'orifizio

S L'area dell'orifizio

Q La quantità di fluido che ne sorte in 1", si ha:

$$Q = S\sqrt{2gA}$$

e per un tempo determinato T

$$Q_1 = STV\overline{2gA}$$

essendo il vaso prismatico, e la luce dell'efflusso tanto piccola in confronto della sezione del vaso da potere trascurare il loro rapporto.

Tali condizioni sono sodisfatte dal nostro apparecchio, onde sostituiti nella seconda formula i numeri che esprimono S, T ed A, per una qualunque delle nostre esperienze, il valore resultante per Q_1 dovrebbe esser lo stesso di quello che l'esperienza ha somministrato. Ma tutti sanno che ciò non ha luogo, che questo valore di Q_1 è più grande di quello che dà l'esperienza, perchè a cagione del fenomeno conosciuto sotto il nome di contrazione della vena non si può ritenere la sezione del prisma fluido eguale a quella dell'orifizio da cui sgorga, ma quale si trova ridotta nel luogo della contrazione. Quivi la sezione del prisma è più piccola dell'orifizio: la sua misura non può ottenersi che sperimentalmente. Alcuni hanno cercato di determinarla per via di strumenti, altri hanno proposto di dedurla dal rapporto della portata sperimentale alla teorica. Quest'ultimo mezzo è generalmente ritenuto per il più esatto, ed è stato pure da noi adottato.

Un tal rapporto conosciuto col nome di *coefficiente di contrazione* è stato ognora soggetto importante delle ricerche di ogni Idraulico. Mariotte, Eytelwein, Bossut, Michelotti padre, e figlio, Venturi si occuparono i primi di stabilirlo per gli orifizi quadrati, e circolari. Essi ritennero per sua espressione il valore che era loro somministrato dalla media di un gran numero di esperienze eseguite su

quelli orifizi presi di area diversa, e sotto differenti carichi. Alcuni trovarono che sì pel circolo come pel quadrato potea ritenersi uguale la contrazione; altri che maggiore era nell'uno che nell'altro. Ma ciascuno ebbe un numero differente, e quale dovesse nella pratica adottarsi rimaneva incerto.

Negli ultimi tempi ripresero il medesimo soggetto Bidoni, Poncelet e Lesbros, Castel e d'Aubuisson che abbiamo innanzi mentovato. Per l'esperienze di questi, e specialmente degli ultimi quattro abbiamo cominciato a vedere che il coefficiente di contrazione varia non solo al variare dell'orifizio, ma per un medesimo orifizio varia anche col carico sul suo centro. Onde ora per le luci rettangolari almeno, bisogna ricorrere alle tavole da essi costruite se vogliamo il coefficiente che gli corrisponde, e prenderne uno approssimato. Introdotto questo coefficiente come fattore in una delle formule soprascritte, noi siamo in grado di determinare la portata dell'orifizio in questione per 1", o per un tempo qualunque T.

La scienza in vero ha guadagnato molto in grazia di tali esperienze, poichè può offrire un numero più esteso di valori alla pratica; ma oltre che non sia stato sperimentato che su pochi orifizi rettangolari, e quadrati a grandi dimensioni, e nulla per quanto sappiamo sia stato fatto sugli orifizi circolari, e di una forma qualunque, rimaneva sempre dell'indeterminazione sul giusto valore che spetta a questi ultimi, o a quelli compresi fra i primi.

Le nostre esperienze suppliscono a tal difetto per modo da andare esenti dall'addebito che generalmente le si attribuisce, quando sono eseguite sopra orifizi di piccola area. Il perchè conviene esporre adesso i coefficienti di contrazione che sotto ciascun carico appartengono ad ognuno dei sedici orifizi da noi adoprati. Essi sono stati direttamente ottenuti dal rapporto della portata sperimentale alla teori-

ca, l'una, e l'altra ridotta al minuto secondo; e li riportiamo nella tavola seguente che abbiamo distinta in due serie, ponendo nella prima i coefficienti di contrazione che spettano ai sei rettangoli della medesima altezza, e nella seconda serie quelli che corrispondono agli altri dieci orifizi di forma diversa, e di area prossimamente eguale.

TAVOLA I. *Che contiene il coefficiente di contrazione dei sedici orifizi adoprati nelle esperienze rammentate.*

Orifizj	Valori del coefficente di contrazione sotto il carico di							
	1,m30	0m,975	0m,65	0m,325	0m,30	0m,20	0m,10	0m,05
Prima serie								
Rettangolo di base 0m,05	0,6174	0,6222	0,6323	0,6521	0,6537	0,6630	0,6820	0,6917
Idem . » 0m,035	0,6200	0,6249	0,6350	0,6550	0,6580	0,6678	0,6872	0,6975
Idem . » 0m,02	0,6213	0,6272	0,6387	0,6626	0,6650	0,6770	0,7017	0,7137
Idem . » 0m,01	0,6257	0,6328	0,6463	0,6750	0,6770	0,6915	0,7205	0,7353
Idem . » 0m,003	0,6634	0,6730	0,6921	0,7303	0,7349	0,7535	0,7910	0,8102
Idem . » 0m,001	0,7822	0,7937	0,8169	0,8627	0,8680	0,8905	0,9365	0,9592
Seconda serie								
Circolo . . .	0,6150	0,6203	0,6316	0,6534	0,6552	0,6671	0,6882	0,6989
Esagono regolare . .	0,6056	0,6095	0,6168	0,6341	0,6360	0,6446	0,6624	0,6701
Triangolo equilatero .	0,6395	0,6451	0,6551	0,6751	0,6772	0,6891	0,7124	0,7246
Ellisse . . .	0,6138	0,6186	0,6285	0,6492	0,6510	0,6614	0,6820	0,6918
Triangolo isoscele . .	0,6416	0,6465	0,6568	0,6762	0,6783	0,6890	0,7100	0,7203
Rettangolo . . .	0,6472	0,6533	0,6659	0,6893	0,6910	0,7034	0,7288	0,7403
Losanga . . .	0,6327	0,6377	0,6479	0,6679	0,6702	0,6803	0,7009	0,7108
Stella a tre Canti . .	0,6525	0,6576	0,6688	0,6907	0,6932	0,7042	0,7267	0,7375
Luce fatta a V . .	0,6348	0,6406	0,6520	0,6759	0,6802	0,6921	0,7154	0,7269
Arco circolare . .	0,6465	0,6518	0,6630	0,6851	0,6872	0,6978	0,7186	0,7290

Vedesi da questa tavola che per tutti gli orifizi i coefficenti vanno crescendo al diminuire dei battenti, siccome dagli altri è stato trovato. Non si possono però confrontare con quelli che generalmente sono stati fino a quest'epoca adottati nella pratica per alcune forme determinate, giacchè sarebbe necessario non solo che i battenti fossero eguali, ma gli orifizi eziandio avessero la medesima figura ed eguale area, apparendo chiaro dalle nostre esperienze che il coefficiente varia al variare di queste circostanze, ed è maggiore negli orifizi che avendo la stessa figura presentano un area minore all' efflusso, come accade nei rettangoli a misura che la loro base diminuisce. Quest' ultima osservazione era stata fatta da altri Autori, e da Hachette in particolare, ma non si credeva di tale importanza da tenerne conto. Comunque però sia, tutte queste incertezze, tutte queste nozioni da alcuni ritenute per vaghe, da altri giudicate di qualche interesse, perchè lungi dall' esser confermate dai resultati medi dell' esperienze di tutti, resultano in qualche caso particolare contradittorie, non possono che imbarazzare il pratico nell' atto dell' applicazione. I coefficenti che ci hanno somministrato le nostre esperienze variano con una legge determinata: legge che essendo la medesima per tutti, qualunque sia la figura e la grandezza dell' orifizio corrispondente, ci dispensa dall' aver riguardo ad ogni circostanza che influire potesse sul valore del coefficente medesimo, e in conseguenza sulla respettiva portata dell' orifizio.

Per veder questa legge basta trar fuora gli accrescimenti che i coefficienti acquistano passando da un carico al carico successivamente minore. Noi li riportiamo nella seguente tavola, la quale come la precedente abbiamo divisa in due serie, riponendo nella prima gli accrescimenti de' coefficenti di contrazione che spettano ai rettangoli della medesima altezza, e nella seconda quelli che spettano ai coefficenti somministrati dagli altri dieci orifizi.

TAVOLA II. *Che contiene gli accrescimenti subiti dal coefficente passando successivamente da un carico a quello più piccolo che immediatamente ne segue.*

Orifizi	Accrescimento preso dal coefficente passando dal carico						
	1m,30 a 0m,975	0m,975 a 0m,65	0m, 65 a 0m,325	0m,325 a 0m,30	0m,30 a 0m,20	0m,20 a 0m,10	0m,10 a 0m,05
Prima Serie							
Rettangolo di base . . = 0m,05	0,0048	0,0101	0,0198	0,0016	0,0093	0,0190	0,0097
Idem . . . . . = 0m,035	0,0049	0,0111	0,0200	0,0030	0,0098	0,0200	0,0103
Idem . . . . . = 0m,02	0,0059	0,0115	0,0239	0,0024	0,0120	0,0237	0,0120
Idem . . . . . = 0m,01	0,0071	0,0135	0,0287	0,0020	0,0145	0,0290	0,0148
Idem . . . . . = 0m,003	0,0096	0,0191	0,0382	0,0046	0,0186	0,0375	0,0192
Idem . . . . . = 0m,001	0,0115	0,0232	0,0458	0,0053	0,0225	0,0460	0,0227
Seconda Serie							
Circolo	0,0053	0,0113	0,0218	0,0018	0,0119	0,0211	0,0107
Esagono regolare	0,0039	0,0072	0,0174	0,0019	0,0086	0,0178	0,0077
Triangolo equilatero	0,0056	0,0100	0,0200	0,0021	0,0119	0,0233	0,0122
Ellisse	0,0048	0,0099	0,0207	0,0018	0,0104	0,0206	0,0098
Triangolo isoscele	0,0049	0,0103	0,0194	0,0021	0,0107	0,0210	0,0103
Rettangolo	0,0061	0,0126	0,0234	0,0017	0,0124	0,0254	0,0115
Losanga	0,0050	0,0102	0,0200	0,0023	0,0101	0,0206	0,0099
Stella a tre canti	0,0051	0,0112	0,0219	0,0025	0,0110	0,0225	0,0108
Luce fatta a V	0,0058	0,0114	0,0239	0,0043	0,0119	0,0233	0,0115
Arco Circolare	0,0053	0,0112	0,0221	0,0021	0,0106	0,0208	0,0104

Dai numeri delle prime tre colonne si scorge che gli accrescimenti acquistati dal coefficiente di ciascuno orifizio nei tre battenti successivi al primo 1m,30. formano una serie geometrica di cui il primo termine è l'accrescimento subito passando dal primo al secondo battente 0m,975. e la ragione è 2. Non si vede se questa legge si verifica per i battenti che seguono, sendoche la loro distanza è molto diversa da quella che passa fra i primi. Ma osservando che se ha luogo la legge enunciata per i battenti che differiscono fra loro di 0m,325, non vi è ragione che induca a credere non potere aver luogo egualmente ancorchè quei battenti fossero avvicinati fra loro, possiamo, generalizzando la legge, esprimere analiticamente il valore di un coefficiente qualunque in funzione di altri due, e dei battenti che li corrispondono. Una volta che la legge rammentata sia tradotta in una formula sarà facile vedere fin dove si estende.

Pertanto se con b_0, b_1, b_2, ... b_n, noi esprimiamo i battenti, e con c_0, c_1, c_2, ... c_n, i coefficenti respettivi, e chianansi:

d la differenza fra i battenti

a l'accrescimento che assume il coefficiente c_0 sotto il battente b_1;

si hanno le equazioni

$$\begin{array}{lcl} b_0 - b_1 = d & ; & c_1 - c_0 = a \\ b_1 - b_2 = d & ; & c_2 - c_1 = 2\,a \\ b_2 - b_3 = d & ; & c_3 - c_2 = 2^2\,a \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot & ; & \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ b_{n-1} - b_n = d & ; & c_n - c_{n-1} = 2^{n-1}a \end{array}$$

La somma delle prime somministra

$$b_0 - b_n = n\,d$$

La somma delle seconde

$$c_n - c_0 = a\,(\,2^n - 1\,)$$

Questa formula esprime la legge che lega fra loro i

coefficenti di contrazione relativi ad un orifizio qualunque, e somministra pel valore di un qualsivoglia di essi

$$c_n = c_0 + a\,(\,2^n - 1\,) \;.\;.\;.\;.\;.\; (1)$$

ove per n si dovrà prendere il valore determinato dall' equazione di sopra, cioè:

$$n = \frac{b_0 - b_n}{b_0 - b_1} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (2)$$

Colle formule (1), e (2) noi possiamo dunque calcolare il coefficente di contrazione di un orifizio relativo ad un carico dato, purchè sia stata con esattezza calcolata la quantità a. Ad ottenere a sono necessarie due esperienze preliminari fatte con battenti non tanto vicini fra loro, onde il suo valore riesca apprezzabile; ed una volta che sia questo valore stabilito basta non solo per la determinazione del coefficente cercato, ma per ogni altro che spetti allo stesso orifizio.

Si potrebbero ottenere i coefficienti di contrazione anche geometricamente, per mezzo delle ordinate della curva rappresentata dall' equazione (1). Questa curva appartiene alla famiglia delle *Logaritmiche*, e si può facilmente costruire contando sull' asse delle x i valori di n dati dalla (2), e sull' asse delle y quelli corrispondenti di c_n. Posto infatti

$$n = x \quad ; \quad \frac{1}{a}\,(\,c_n - c_0 + a\,) = y$$

la equazione (1) trasformasi nella seguente.

$$y = 2^x$$

Se coi valori 0m,30; 0m,20 attribuiti a b_n si calcola il valore di n, e colla formula (1) si determinano i corrispondenti valori di c_n dando ad a quelli somministrati dalla prima colonna della Tav. II. di questo paragrafo trovansi per c_n gli stessi numeri che dall' esperienza erano stati ottenuti pei nostri orifizi sotto i battenti 0m,30, e 0m,20.

Se analogamente operando si calcolano i valori di n nel caso in cui sia fatto $b_n = 0m,10.$, e poi $= 0m,05$ trovansi i corrispondenti di c_n un poco minori di quelli dati dall'esperienza. La differenza però nel maggior numero dei casi trovasi nella terza cifra dal coefficente, e però crediamo poter servire nella pratica la formula (1) anche nella determinazione dei coefficenti relativi ai battenti molto piccoli. D' altronde il numero dell'esperienze che abbiamo in questo caso è troppo scarso per potere stabilire con esattezza la legge che regola i coefficienti di contrazione sotto i deboli carichi. Riguardata pertanto la cosa dal lato teorico, è manifesto che la formula (1) è buona per tutti i battenti in cui la profondità dell'acqua sul bordo superiore dell'orifizio supera di dieci volte l' altezza dell'orifizio medesimo.

Osserviamo adesso ciò che accade allorchè il battente b_n fosse maggiore di b_0. In tal caso la quantità $a(2^n-1)$ sarebbe sempre negativa, e tutti i valori corrispondenti di c_n diverrebbero minori di c_0, siccome deve essere a cagione delle variazioni inverse che han luogo fra i carichi, e i coefficienti di contrazione. Ma il decremento sofferto dai valori di c_n si fa tanto più lento a misura che i carichi crescono, e in pratica si deve giungere ad un limite oltre il quale i coefficienti di contrazione devono essere costanti. Questo limite si trova allorchè il decremento di c_n raggiunge la quantità a com'è facile di dimostrare cercando il valore di c_n corrispondente al massimo battente b_n. Nelle nostre ricerche il più gran battente sotto il quale abbiamo potuto sperimentare è generalmente 65 volte più grande dell'altezza dell' orifizio, laonde noi crediamo peccare piuttosto in eccesso che in difetto ammettendo che in pratica il coefficiente di contrazione si mantenga costante per tutti i carichi che superano 200 volte l' altezza dell'orifizio.

La equazione (1) è suscettibile di una forma più elegan-

te ponendo in luogo di a il suo valore $c_1 - c_0$. Essa allora diviene:

$$c_n = c_1 (2^n - 1) - c_0 (2^n - 2)$$

e contiene esplicitamente tutti i dati sperimentali che abbisognano per il calcolo di c_n. L'importanza di questa formula non è tanto sentita quanto nel caso in cui la si applichi alla determinazione delle portate. Che anzi non offrirebbe un gran vantaggio al pratico che trovandosi nella necessità di stabilire la portata di un certo orifizio sotto un dato carico è costretto a misurar con esattezza la sua area onde calcolare i due coefficienti c_0 e c_1 e dedurne in seguito il coefficente c_n che corrisponde al carico in questione, se non godesse della proprietà di dispensare il pratico medesimo dalla valutazione dell'area dell'orifizio. Infatti se chiamansi

p_0 la portata corrispondente al carico b_0
p_1 la portata corrispondente al carico b_1
p_n la portata corrispondente al carico b_n
s l'area dell'orifizio
g la gravità

abbiamo

$$c_0 = \frac{p_0}{s\sqrt{2gb_0}}; \quad c_1 = \frac{p_1}{s\sqrt{2gb_1}}; \quad c_n = \frac{p_n}{s\sqrt{2gb_n}}$$

e la equazione superiore si trasforma nella seguente

$$\frac{p_n}{\sqrt{b_n}} = \frac{p_1}{\sqrt{b_1}}(2^n - 1) - \frac{p_0}{\sqrt{b_0}}(2^n - 2)$$

da cui si ritrae

$$p_n = p_1 \sqrt{\frac{b_n}{b_1}}(2^n - 1) - p_0 \sqrt{\frac{b_n}{b_0}}(2^n - 2)$$

Laonde si può calcolare la portata p_n di un orifizio qualunque corrispondente ad un carico b_n colla semplice cognizione delle portate ottenute dallo stesso orifizio sotto due carichi dati.

Ecco dunque tolto da questa parte importante della scienza idraulica quel difetto che rendeva dubbi, e talvolta erronei i resultati reclamati dalla pratica. Non vi ha omai più bisogno di sapere il coefficente di contrazione relativo alla figura particolare di un orifizio, e non è più necessaria la misura della sua luce. Era in queste due cause l'origine delle incertezze; la formula precedente le ha distrutte, somministrando in luogo di esse l'espressione

$$\frac{p_1}{\sqrt{b_1}}\,(2^n - 1) - \frac{p_0}{\sqrt{b_0}}\,(2^n - 2)$$

che è tutta sperimentale.

§. 4.

Esperienze dirette a mostrare come influisce sulla portata la velocità nei getti.

Nell'ipotesi che la teoria Torricelliana sia buona, la legge colla quale variano i coefficenti di contrazione nell'efflusso da fori praticati in lastre sottili e verticali, è ormai stabilita in grazia delle esperienze che precedono. In tal caso siamo costretti ad ammettere che la sezione della vena là dove ella si contrae cangi a sua posta col cangiare dei carichi, e si faccia maggiore allorchè questi ultimi sono più piccoli. Ma non potrebbe in vece aver luogo la legge summentovata per una variazione corrispondente nella velocità d'efflusso? o in altri termini: potrebbe la teoria Torricelliana andare per avventura soggetta ad una qualchè modificazione? Per quanto ispirino fiducia i resultati offerti dalle nostre esperienze, pure non abbiamo voluto contarci interamente. Anche il difetto in cui siamo di lavori speciali che rendano conto della velocità che accompagna l'efflusso in questione, ci ha fatto determinare a studiarla. Poichè due esperienze di Bossut, e tre di Miche-

lotti il padre, le sole che dai moderni Idraulici si citano direttamente istituite alla misura di queste velocità, non potevano essere sufficienti a toglierci il dubbio.

Il metodo da noi tenuto nell' attuali ricerche è quello stesso che praticò il sullodato Michelotti (Esp. Idr. Vol. II. pag. 21.). Osservava egli a getto stabilito la sua ampiezza o ordinata, contandola sulla orizzontale che passava pel fondo del vaso, e a partire dalla verticale che passava pel centro dell' orifizio. E tenendo conto della distanza tra quest'ultimo, e il fondo del vaso, la quale era l' ascissa della curva formata dal getto, calcolava colla misura de' due dati sperimentali la velocità reale dell' efflusso. Questo metodo è certamente il più semplice, e il più diretto: solo presenta qualche difficoltà nella misura delle ordinate. Per ottenerla noi avevamo costruito uno specchio di figura rettangolare lungo due metri, e largo otto decimetri. Circondavalo per tutti i suoi lati una cornice la quale dava modo di coprirlo con una reticola composta di fili metallici sottili tesi fra i suoi bordi opposti, e ad essi paralleli. La distanza tra un filo e l' altro essendo di cinque centimetri quella dei punti intermedi potea calcolarsi a occhio. Due stabili sostegni sorreggevano due punti di uno dei lati più lunghi dello specchio per guisa che il suo piano potea ruotare attorno ad essi, ed esser fermato in posizione verticale colla scorta di due fili a piombo fissati sull' estremità del lato opposto. In tal posizione il piano dello specchio era parallelo al piano verticale determinato dall' asse della vena, affinchè questa vi si proiettasse nella sua vera grandezza. Di più: tutti i fili della reticola paralleli ad uno dei lati più lunghi riuscivano orizzontali, e rappresentavano le ordinate del getto. Uno di essi coincideva colla orizzontale condotta pel centro dell' orifizio e così tutte le distanze da quello somministravano le ascisse corrispondenti.

Le esperienze sono state eseguite con quattro orifizi,

cioè: *Circolo*, col *Quadrato*, col *Rettangolo* di un centimetro di base, e col *Rettangolo* di tre millimetri di base. L'apertura conica praticata nella parete della conserva a cui quegli orifizi venivano applicati non ci ha permesso di sperimentare che sopra i quattro carichi maggiori adottati nelle altre esperienze, e che sono 1m,30; 0m,975; 0m,65; 0m,325. L'osservazione delle ordinate si faceva nel modo seguente: introdotta nella conserva una quantità di acqua maggiore di quella che era necessaria affinchè il suo livello superasse il carico sotto il quale si voleva sperimentare, aprivasi la valvula. La vena si produceva allora nella sua vera grandezza sullo specchio: così l'occhio di uno spettatore situato in modo che la vena rimanesse compresa fra lui, e lo specchio traguardava sempre orizzontalmente l'asse di quella, quando non scorgeva la sua immagine. Con questa precauzione si traguardava l'asse della vena nel punto ove intersecava il filo corrispondente ad un' ascissa data, si tenea conto di quel punto allorche il livello dell' acqua nel tubo comunicante giungeva al segno che indicava il carico voluto. Tutti i fili verticali dello specchio portavano il numero della loro distanza dalla verticale condotta pel centro dell' orifizio; talchè appena fatta l'osservazione si registrava la misura dell' ordinata.

Noi abbiamo sotto ogni carico osservate tre ordinate del getto per ciascheduna delle quattro rammentate luci: la prima ordinata corrispondeva al fondo del vaso distante dal centro della luce di 0m,11. Le altre due erano tanto vicine ad essa da togliere il dubbio che non appartenessero alla parabola descritta dal getto medesimo.

Dobbiamo per ultimo avvertire che non potendo riguardare il cominciamento della vena fluida dall'orifizio, ma bene dal punto ove essa è maggiormente contratta, abbiamo creduto necessario correggere la misura delle ordinate somministrate dall' osservazione sottraendovi la metà della

dimenzione più piccola dell' orifizio. Tale essendo per l'opinione degli Idraulici i più accreditati la distanza della sezione contratta dal centro dell' orifizio medesimo.

I resultati ottenuti da queste esperienze sono registrati nella seguente tavola, ove si sono indicati colle cifre 1.° 2.° 3.° e 4.° respettivamente i quattro orifizi, *Circolo*, *Quadrato*, *Rettangolo di un centimetro di base*, e *Rettangolo di tre millimetri di base*.

TAVOLA I.

Che contiene le ascisse e le ordinate del getto di ciascheduno dei quattro rammentati orifizi.

Carichi	Ascisse	Ordinate corrispondenti per l' orifizio			
		1°.	2°.	3°.	4°.
m	m	m.	m.	m.	m.
1,30	0,11	0,71	0,705	0,71	0,708
	0,20	0,97	0,97	0,96	0,96
	0,60	1,72	1,72	1,70	1,70
0,975	0,11	0,62	0,61	0,62	0,618
	0,20	0,845	0,845	0,845	0,84
	0,60	1,47	1,495	1,46	1,46
0,65	0,11	0,51	0,51	0,51	0,51
	0,20	0,695	0,70	0,69	0,69
	0,60	1,20	1,20	1,20	1,195
0,325	0,11	0,37	0,37	0,365	0,365
	0,20	0,495	0,495	0,495	0,495
	0,60	0,86	0,86	0,86	0,855

Dalle quattro ultime colonne di queste tavole può desumersi che l' ampiezza del getto sotto ciaschedun carico è sensibilmente la stessaper i quattro orifizi sperimentati: sebbene dall' insieme delle osservazioni resulti nei due rettangoli un poco minore che nel circolo, e nel quadrato. Non ostante per essere le differenze che si scorgono nell' ordinate di questi getti tanto piccole, e talvolta nulle noi crediamo che ritener si debbano piuttosto come errori di osservazione anzichè effetto della grandezza relativa degli orifizii.

Il getto dei fluidi al di là delle luci praticate in pareti verticali si assomiglia alla linea parabolica che descrivono tutti i corpi lanciati nell' aria da una forza orizzontale di proiezione. Il parametro di questa linea è quattro volte l'altezza dovuta alla celerità colla quale il corpo fu lanciato. Laonde se noi facciamo il quadrato delle ordinate osservate, e lo dividiamo pel quadruplo dell' abbassamento corrispondente che abbiam chiamato ascissa, avremo l'altezza dovuta a questa velocità. Determinata quest' altezza si ottiene subito la celerità reale del getto mediante la formula

$$v = 2,215 \frac{y}{\sqrt{x}} \ldots\ldots\ldots (1)$$

ove con y s' indicano le ordinate, e con x le corrispondenti ascisse.

Questa celerità, conforme resulta anche dall' esperienza, sarà sempre minore di quella voluta dalla teoria, la quale viene somministrata dalla formula

$$V = \sqrt{2gA} = 4,43\,A \ldots\ldots (2)$$

dove A rappresenta l' altezza del fluido sul centro dell'orifizio, e che perciò si chiama celerità teorica. La differenza fra le due celerità reale, e teorica è dovuta alla contrazione della vena, alla resistenza dell' aria, e a quella incontrata dalle molecole del liquido che strisciano lungo i bordi dell' orifizio. Anche il rapporto fra le due

celerità si vedrà che varia col variare dei battenti, ed è maggiore a misura che questi diminuiscono. Ma attese le cause rammentate non potrà quindi inferirsi che la celerità colla quale il fluido è lanciato fuori dell' orifizio non sia dovuta all' altezza del carico soprincumbente, se prima non abbiamo calcolato l' effetto di quelle cause medesime sul getto.

Si ritiene da molti che la resistenza dell' aria operi più efficacemente dell' altre due cause sulla riduzione della velocità del fluido. Per la nostra ricerca noi crediamo sufficientemente esatto l' ammetter ciò come vero, tanto più che mancano alla scienza i dati necessari per il calcolo delle altre resistenze. In tal caso dopo aver valutato le celerità reale, e teorica spettante a ciaschedun battente per mezzo delle formule (1) e (2), ne faremo il rapporto, e determineremo la resistenza dell' aria, nell' ipotesi che essa cresca in proporzione del quadrato della velocità. Detta α questa resistenza saranno i suoi valori somministrati dall' equazione

$$\alpha = \frac{V - v}{v^2}$$

Le osservazioni fatte danno tre valori per la celerità reale sotto ogni carico: la media di essi è il valore di v che introdotto nella formula superiore servirà a determinare α. Noi andiamo pertanto a consultare i valori di V, il rapporto fra le due celerità v e V, e i valori di α nella seguente

TAVOLA II.

Orifizj	Carichi	Celerità teorica	Celerità reale	Rapporto	Valori di α
1°	1m,30	5,05	4,826	0,955	0,01000
2°			4,815	0,953	0,01013
3°			4,790	0,948	0,01133
4°			4,786	0,947	0,01196
1°	0m,975	4,372	4,181	0,959	0,01092
2°			4,182	0,960	0,01086
3°			4,172	0,964	0,01150
4°			4,158	0,951	0,01238
1°	0m,65	3,57	3,438	0,963	0,01116
2°			3,441	0,965	0,01089
3°			3,442	0,964	0,01080
4°			3,420	0,958	0,01283
1°	0m,325	2,525	2,463	0,975	0,01022
2°			2,463	0,975	0,01022
3°			2,452	0,971	0,01214
4°			2,445	0,968	0,01299

In questa tavola le cifre 1.°, 2.°, 3.°, e 4.°, rappresentano gli stessi orifizi che nella precedente. Se si considerano pertanto i rapporti fra la celerità reale, e la teorica in uno stesso orifizio si scorge per questi numeri che essi vanno crescendo al diminuire dei carichi; ma i valori di α restano sensibilmente li stessi. Quindi trascurando le piccole differenze siam portati a conchiudere che la velocità di sortita nello scolo dagli orifizi praticati in parete sottile è do-

vuta all' altezza del liquido sopra il loro centro. Che non è in conseguenza una variazione di velocità diversa da quella ammessa da Torricelli che produce l'aumento nei coefficenti di contrazione al diminuire dei carichi; ma che è la contrazione medesima che varia in corrispondenza di quell' aumento.

Riepilogando in breve i resultamenti di nostre esperienze, noi possiamo ritrarne le seguenti

CONCLUSIONI.

1.° Nello scolo dagli orifizi verticali praticati in lastra sottile, le portate sono fin dal principio del getto proporzionali ai tempi.

2.° Le portate che si hanno da orifizi rettangolari della medesima altezza, possono in pratica ritenersi proporzionali alle basi.

Riguardate però dal lato teorico esse crescono in una proporzione maggiore delle basi: quest' aumento è piccolissimo quando la base è maggiore dell' altezza, ma diviene sensibile, e tanto più si accresce quanto la base è più piccola rapporto all' altezza.

3.° Allorchè gli orifizi verticali non sono simmetrici attorno al centro, non è indifferente collocarli in una direzione piuttosto che in un' altra, seppure non si mantiene costante la posizione del centro di pressione rispetto al livello dell' acqua.

4.° Le portate sono diverse secondo le differenti figure degli orifizi. Per quanto una legge da esprimersi cogli angoli, o colla differenza dei lati non sembri emergere, seppure non è che la portata cresca a misura che più si allontana dal circolo la figura dell' orifizio.

5.° Il coefficente di contrazione va crescendo al diminuire del battente, e con una legge che usando le deno-

minazioni adottate al paragrafo 3.° può esprimersi mediante la formula:

$$c_n = c_1 (2^n - 1) - c_0 (2^n - 2).$$

6.° La portata sperimentale di un' orifizio, può ottenersi indipendentemente dal termine che rappresenta il coefficente di contrazione, calcolando il valore di p_n colla formula:

$$p_n = p_1 \sqrt{\frac{b_n}{b_1}} (2^n - 1) - p_1 \sqrt{\frac{b_n}{b_0}} (2^n - 2)$$

ove, p_0, p_1; b_0, b_1, b_n hanno le stesse denominazioni che sopra al §. 3.

7.° Il teorema di Torricelli sulla velocità dell'acqua nell' efflusso è confermato dall' esperienze; ond' è che le variazioni indicate sul coefficente di contrazione per i diversi battenti non ponno spiegarsi con una nuova legge sulla velocità d' efflusso.

G. Peri

Studi sulla costituzione chimica dell' asparagina e dell' acido aspartico

FATTI DA R. PIRIA

L' asparigina scoperta da Vauquelin e Robiquet nel 1815 ne' germogli degli sparaci, è stata dipoi trovata da altri nella radice d' altea, nella regolizia, nella consolida maggiore, nelle patate, nella barbabetola ed ultimamente nelle vecce cresciute nell' oscurità.

Per convincermi dell' identità del principio cristallizzato delle vecce coll' asparagina, posi venti libbre di semi a germogliare in una stanza oscura, il cui pavimento era coperto con una mescolanza di sabbia e terra vegetale. Cresciute le piante sino all' altezza di un braccio circa, le recisi, ne feci premere il sugo, e lo posi ad evaporare in una caldaja di rame. Non appena il liquido cominciò a bollire, si formò un' abbondante coagulo di albumina. Filtrata la soluzione, l' evaporai a consistenza

quasi sciropposa, ed in tale stato l' abbandonai a se stessa. Dopo ventiquattr' ore di riposo vi si vedeva abbondantemente cristallizzata una sostanza, che aveva l' aspetto, ed i caratteri dell' asparagina impura. Per depurare il nuovo prodotto, lavai i cristalli con un poco d' acqua fredda, li disciolsi nell' acqua bollente, e feci nuovamente cristallizzare la soluzione. I cristalli ottenuti erano più bianchi, e più voluminosi dei primi, ma non ancora puri abbastanza per tentarne l' analisi; perciò li sottoposi ad una terza cristallizzazione dopo di averli trattati con carbone animale. I cristalli così ottenuti erano di un volume, e di una bellezza sorprendente, talchè non potrei darne un' idea più giusta che assomigliandoli a quelli dello zucchero candito. Solo guardandoli in massa presentavano una leggerissima sfumatura azzurra, o piuttosto glauca, la quale mi richiamò alla mente un' osservazione analoga fatta da Bacon. Più tardi mi avvidi che tal colore, del tutto accidentale, proveniva da una traccia di rame della caldaja in cui avevo concentrato il liquido estratto dalle vecce; giacchè, come appresso dimostrerò, l' asparagina ha una fortissima tendenza a combinarsi coll' ossido di rame, formando un composto di colore azzurro. Quando un tal caso si presentasse, basterebbe disciogliere l' asparagina nell' acqua bollente, far passare nella soluzione un poco d' idrogeno solforato, e poscia filtrarla per separarne il solfuro di rame precipitato. Col raffredmento del liquido si formano de' cristalli di asparagina voluminosi, trasparenti, e privi affatto di colore.

Dalla quantità di semi sopra indicata ottenni cinque once di asparagina purissima, onde si vede che la veccia conviene più di qualunque altra pianta alla preparazione di questa sostanza. Avendone fatta un' analisi elementare, ottenni i risultati infrascritti:

0g,433 di asparagina diedero 0,2675 di acqua, e 0,595 di acido carbonico.

0,2525 di asparagina produssero 40,5 centimetri cubici di gas azoto saturo di umidità a 16° e 0m,7615.

D'onde si cava per 100 parti

	Esperienza	*Calcolo*
Carbonio . . .	31,80	32,00
Idrogeno . . .	6,85	6,67
Azoto	18,84	18,67
Ossigeno . . .	42,51	42,66
	100,00	100,00

La produzione dell' asparagina in condizioni diverse dalle naturali, mi aveva fatto sospettare che quel principio si generasse per l' assenza della luce. Quindi mi prese vaghezza di conoscere se nella vegetazione delle piante *etiolate* potessero stabilirsi delle reazioni chimiche diverse da quelle che si operano negli organi delle piante verdi e sane. Nella speranza di rischiarare una questione di tanta importanza per la fisiologia vegetale posi altri semi di veccia a germogliare in un pezzo di terra bene illuminato dal sole. Le piante verdi che vennero da quei semi furono trattate come le precedenti; ma contro ogni aspettativa ottenni dell' asparagina anche in questo caso, ed in quantità sensibilmente eguale a quella che avevo ritratta dalle piante *etiolate*. Questa semplice esperienza mi fe' certo che l' asparagina si forma durante la vegetazione delle vecce tanto alla luce, quanto al buio, e che perciò l' assenza dei raggi solari non è una condizione necessaria alla produzione di tale sostanza.

Ciò premesso, restava ancora a sapersi se l' asparagina preesiste nei semi, e se le vecce ne contengano in tutti i periodi del loro sviluppo. A tal fine trattai una certa quantità di semi col solito metodo; ma non mi riuscì di estrarne traccia di asparagina. La stessa esperienza ripetei sulle

vecce quando già cominciavano a fiorire, e dopo la loro fioritura, quando già portavano baccelli: nel primo caso pervenni ad estrarre una traccia inapprezzabile di asparagina; ma nel secondo ottenni risultati del tutto negativi.

Da questa prima serie d'esperienze si può adunque conchiudere che i semi di veccia non contengono asparagina; che germogliando, sia alla luce solare, sia nell'oscurità, questo principio si forma in grande abbondanza, e poi nuovamente sparisce quando la pianta, già divenuta adulta, comincia a fiorire ed a portar frutti.

Avendo più volte preparato dell'asparagina col sugo delle vecce, e talora in quantità tale da ottenere in una sola operazione più di una libbra di prodotto puro, osservai sempre che il sugo recente mostrava reazioni acide, le quali diventavano più decise a misura che veniva concentrato. Più volte cercai, ma indarno, la cagione di tale acidità; almeno non sono riescito ad isolare sostanze di natura acida, cui potessi fondatamente attribuire le reazioni del liquido. Io non avrei mai sospettato che tale acidità fosse dovuta alla stessa asparagina. Difatto Vauquelin e Robiquet, Caventou, Bacon, Wittstock, Henry e Plisson, Boutron e Pelouze, Liebig, Marchand, Rossignon che successivamente hanno fatto l'esame di questa sostanza, l'hanno qualificata alcuni come un alcaloide, altri come un corpo indifferente, nessuno come un acido. Nonostante l'autorità dei Chimici summentovati, credo potere asserire che l'asparagina è un acido, ed abbastanza energico per arrossare sensibilmente la carta di lacamuffa, e per iscacciare l'acido acetico dalla sua combinazione con l'ossido di rame. Parendomi cosa strana che un'osservazione così semplice avesse potuto sfuggire ai Chimici che si sono occupati dell'esame di questa sostanza, ne volli acquistare piena certezza escludendo tutte le circostanze che avessero potuto indurmi in errore, ma ottenni sempre gli stessi resultati.

Ho già fatto osservare che l'asparagina entra facilmen-

te in combinazione coll' ossido di rame; e difatto se si riscaldano questi due corpi in presenza di una certa quantità di acqua, si forma un liquido azzurro, che raffreddandosi lascia depositare una polvere cristallina dello stesso colore. Tale composto si ottiene con maggiore facilità, ed in abbondanza, versando una soluzione calda e satura di asparagina in una egualmente calda e concentrata di acetato di rame. Se dopo pochi istanti di contattto nessuna reazione si manifesta, bisogna riscaldare la mescolanza: il liquido allora s' intorbida immediatamente e dà luogo ad un precipitato di bel colore azzurro oltremarino, il quale continua a depositarsi per tutta la durata del raffreddamento.

Tale composto è quasi del tutto insolubile nell' acqua fredda, un poco solubile nell' acqua calda, solubilissimo negli acidi e nell' ammoniaca. Mantenuto per molto tempo alla temperatura di 120° in una corrente d' aria secca non perde acqua. Riscaldato più fortemente si decompone sviluppando torrenti di gas ammoniaco. La sua analisi elementare conduce alla formula $CuO+C^8H^7Az^2O^5$. Il che dimostra che l' asparigina disseccata a 100° $= C^8H^8Az^2O^6$, e tenuta come anidra, contiene ancora un equivalente d'acqua eliminabile per mezzo dell' ossido di rame.

L' analisi di tale composto ha dato i seguenti risultati:

I. 0g ,4025 asparaginato di rame produssero 0,160 acqua e 0,4325 acido carbonico.

II. 0,3225 idem 0,131 acqua e 0,348 acido carbonico.

III. 0,302 idem 0,1185, acqua e 0,325 acido carbonico.

0,202 idem diedero 29 centimetri cubici di azoto umido alla temperatura di 10° e sotto la pressione di 0m,760.

I. 1,199 idem bruciati in una capsulina all' aria libera, lasciarono 0,2925 ossido di rame per residuo.

II. 0,5805 idem trattati allo stesso modo, produssero 0,1415 di ossido.

I quali ridotti in centesimi danno:

	Esperienza			*Calcolo*
	I	II	III	
Carbonio	29,30	29,43	29,35	29,50
Idrogeno	4,41	4,51	4,36	4,30
Azoto	17,25	17,25	17,25	17,21
Ossigeno	24,64	24,43	24,65	24,58
Ossido di rame	24,40	24,38	24,39 (1)	24,41.

Per conoscere se nel combinarsi coll' ossido di rame l'asparagina avesse mutato natura, decomposi una certa quantità di asparaginato di rame per mezzo dell' idrogeno solforato. Il liquido separato dal solfuro di rame aveva reazioni acide decise, e concentrato coll' evaporazione a bagno maria, lasciò cristallizzare dell' asparagina in bellissimi cristallini bianchi e risplendenti. Sebbene i loro caratteri fossero così decisi da non lasciarmi dubbio sulla loro natura, pure per escludere ogn' incertezza ne feci un'analisi elementare, la quale mi diede i seguenti risultati.

0g,294 sostanza sottoposta alla combustione produsse 0,180 acqua e 0,346 acido carbonico.

0,2435 idem fornì 38 centim. cub. di gas azoto saturo di umidità, misurato a 10° e 0m,761; o sia per cento parti

Carbonio	32,09
Idrogeno	6,79
Azoto	18,80
Ossigeno	42,32

che è la composizione dell' asparagina cristallizzata. Dunque l' asparagina combinandosi coll' ossido di rame produce un composto salino, dal quale per mezzo dell'idrogeno solforato si può riottenere l' asparagina dotata dei caratteri e della composizione abituale. Se si ammette che il rame è contenuto nell' asparaginato allo stato d' ossido,

(1) Media delle due determinazioni.

risulta che l'asparagina libera racchiude un equivalente d'idrogene ed un equivalente d'ossigeno di più che la stessa sostanza allo stato di combinazione. Difatto dove la prima ha per formula $C^8H^8Az^2O^6$, la seconda contiene $C^8H^7Az^2O^5$. La formula dell'asparigina prosciugata a 100° è per conseguenza $HO+C^8H^7Az^2O^5$.

METAMORFOSI DELL'ASPARAGINA

Azione de' fermenti. — Stabilita in tal modo la formula razionale dell'asparagina, passo a rendere conto delle diverse esperienze alle quali ho sottoposto questa sostanza, affin di determinare le metamorfosi che ella subisce ed i prodotti che da quelle hanno origine.

Una soluzione d'asparagina, abbandonata a sè stessa, non soffre veruna alterazione, se la sostanza adoperata è pura; ma se al contrario i cristalli sono ancora colorati, non tarda a stabilirsi una specie di fermentazione, la quale si manifesta coi seguenti fenomeni. Il liquido perde le reazioni acide che prima aveva, e diviene debolmente alcalino. In tale stato esala un odore molto ributtante di pus marcio, e si ricopre alla superfice d'una pellicola bianca di aspetto mucillaginoso, la quale sottoposta all'osservazione microscopica si mostra formata da miriadi d'infusorii. A capo di certo tempo tutta l'asparagina resta distrutta, ed in sua vece si trova del succinato d'ammoniaca, o almeno un composto, che trattato cogli acidi si risolve in ammoniaca ed in acido succinico. E difatto se si versa un eccesso di acido idroclorico nel liquido fermentato, e si evapora la soluzione mista a bagno maria, resta una massa salina, la quale trattata coll'etere si divide in due sostanze, delle quali una si discioglie, mentre l'altra rimane indisciolta. Quest'ultima non è altra cosa che sale ammoniaco. La soluzione eterea debitamente evaporata, lascia un corpo di sapore acido e colorato in bruno. Quest'ultimo ridisciolto nell'acqua, saturato coll'ammoniaca, e de-

composto per mezzo dell' acetato di piombo, dà un precipitato cristallino, dal quale per mezzo dell' idrogeno solforato si estrae una sostanza perfettamente bianca e cristallizzata, in cui mi fu facile ravvisare tutti i caratteri dell' acido succinico.

Sottoposta all' analisi elementare mi ha dato i seguenti risultati.

I. 0g,382 Sostanza produsse 0,182 acqua e 0,564 acido carbonico.

II. 0,189 sostanza 0,088 acqua e 0,280 acido carbonico.

	Esperienza		*Calcolo*
	I.	II.	
Carbonio	40,27	40,40	40,68
Idrogeno	5,28	5,16	5,08
Ossigeno	54,45	54,44	54,24.

Dunque l' asparagina impura disciolta nell' acqua ed abbandonata a sè stessa per qualche tempo, si converte tutta intera in succinato di ammoniaca. Per intendere come può aver luogo tale metamorfosi, basta paragonare le formule delle due sostanze.

$$C^8H^{12}Az^2O^8 = \text{Succinato d' ammoniaca}$$
$$C^8H^8\ Az^2O^6 = \text{Asparagina}$$

Resta $H^4\ O^4$

Onde si vede chiaramente che per trasformarsi in succinato d' ammoniaca l' asparigina si assimila due equivalenti d' acqua e due equivalenti d' idrogeno sotto l' influenza riduttrice della putrefazione che si stabilisce nel liquido. Tale metamorfosi offre una particolarità importante, e forse non per anche osservata nelle altre metamorfosi

organiche: il succinato d'ammoniaca risultante dalla riduzione dell'asparagina non ripassa più allo stato di asparagina sotto l' influenza de' corpi ossidanti, per modo che l'acido nitrico concentratissimo e l' acido cromico stesso non vi spiegano azione di sorte alcuna.

Quanto all' origine delle sostanze azotate che con la loro putrefazione eccitano la metamorfosi dell' asparagina in succinato d' ammoniaca, persuaso che provenissero dalle vecce stesse, per acquistarne piena certezza, feci le seguenti esperienze. Ad una soluzione discretamente concentrata d' asparagina purissima mescolai una certa quantità di sugo estratto dalle vecce cresciute nell' oscurità, ed abbandonai la mescolanza alla temperatura dell' ambiente. Dopo un paio di giorni si cominciarono a manifestare gli stessi fenomeni che avevo osservati coll' asparagina impura, ed esaminando il liquido a capo di due settimane circa, ne ricavai sufficiente quantità di acido succinato cristallizzato e perfettamente bianco.

Azione degli acidi e degli alcali — Tutti i Chimici che si sono occupati dell' esame di questa sostanza hanno osservato la gran tendenza che ha a decomporsi sotto l' influenza degli acidi e degli alcali, trasformandosi in ammoniaca ed in acido aspartico. Liebig afferma (1), non so se dietro osservazioni proprie o altrui, che l' acido aspartico stesso fatto bollire con acido idroclorico concentrato, o fuso colla potassa caustica si risolve in ammoniaca ed in un nuovo acido solubilissimo nell' acqua, e non ancora esaminato. Per indagare la natura del nuovo acido accennato da Liebig rifeci con tutta l' accuratezza possibile le stesse esperienze, ma i risultati che ne ottenni, mi condussero ad una conclusione totalmente diversa da quella del Chimico di Giessen. Difatto l' acido idroclorico, e l' acido solforico non alterano sensibilmente l' acido aspartico, e l' acido nitrico stesso non vi ha azione, pur-

(1) Traité de Chimie organique. Paris 1842 T. II. pag. 547.

chè scevro di acido nitroso. L' asparagina al contrario è decomposta da vari acidi al calore dell' ebollizione in ammoniaca che si combina coll' acido adoperato, ed in acido aspartico che resta allo stato libero. Le sperienze che passo a descrivere lo provano in modo decisivo.

Dopo di aver fatto bollire dell' asparagina cristallizzata e pura con acido idroclorico concentrato per circa un' ora, ottenni una soluzione, che raffreddandosi non produsse traccia di cristalli. Allora evaporato il liquido a bagno maria fino a consistenza sciropposa, ed abbandonato il residuo sotto una campana, produsse raffreddandosi delle laminette cristalline, le quali erano solubilissime nell' acqua, ed esposte all' aria si discioglievano nel liquido acido attirando l' umidità atmosferica. A tal carattere credei sulle prime ravvisare l' acido indicato da Liebig; ma non tardai ad uscire d' inganno, dapoichè avendo versato dell' acqua sul prodotto della reazione, e neutralizzato l' acido idroclorico sovrabbondante con qualche pezzo di marmo, vidi che ad un certo periodo si formava un abbondante deposito di acido aspartico. Mi fu facile d' altronde verificare nel liquido la presenza del cloruro di ammonio.

Trattando allo stesso modo l' acido aspartico, ottenni come nel caso precedente un liquido, il quale evaporato a consistenza di sciroppo produceva delle lamelle solubilissime e deliquescenti; e neutralizzandolo incompletamente, sia con marmo, sia con ammoniaca, si depositava egualmente dell' acido aspartico cristallizzato; ma esaminando la soluzione non vi trovai cloruro d' ammonio. Da tutto ciò si raccoglie adunque che l' acido idroclorico concentrato decompone l' asparagina col favore del riscaldamento trasformandola in ammoniaca che si combina coll' acido idroclorico per formare cloruro d' ammonio, ed in acido aspartico che non è più alterato dall' azione ulteriore dell' acido. D' altra parte l' acido aspartico essendo solubilissimo nell' acido idroclorico, non cristallizza

che con somma difficoltà, ond' è che il miscuglio presenta l' aspetto di un acido solubilissimo e però diverso dall' aspartico che è appena solubile nell' acqua alla temperatura comune.

D' altronde l' acido aspartico ritiene l' acido idroclorico così tenacemente che anche dopo di avere evaporato il liquido a secco, e tenuto il residuo per più ore alla temperatura dell' acqua bollente, questo residuo ritien sempre dell' acido idroclorico, si presenta coll' aspetto di un acido diliquescente ed incristallizzabile, e disciolto nell' acqua produce una soluzione che viene abbondantemente precipitata dal nitrato di argento. Dalle quali cose chiaramente risulta che la sostanza acida e diliquescente in cui, secondo Liebig, si trasforma l' asparagina quando viene trattata con acido idroclorico non è altro che una soluzione concentrata di acido aspartico nell' acido idroclorico adoperato.

Ripetendo le stesse esperienze coll' acido nitrico di forza media, ottenni gli stessi risultati che coll' acido idroclorico. L' asparagina produsse acido aspartico e nitrato di ammoniaca; l' acido aspartico stesso diè luogo ad una soluzione simile in tutto a quella che dà quando trattasi con acido idroclorico. In tale reazione se l' acido nitrico è puro, non si sviluppa traccia di vapori nitrosi, nè di altro gas, ma se invece si adopera acido nitrico contenente acido nitroso, ovvero acido idroclorico che reagendo sull' acido nitrico genera acido nitroso, in tal caso si stabilisce un' altra reazione, che descriverò tra poco.

Neutralizzando con precauzione il prodotto del trattamento dell' asparagina coll' acido nitrico, ottenni un' abbondantissima quantità di acido aspartico. L' analisi elementare di questa sostanza conduce alla nota formula $C^8H^7AzO^8$ di già stabilita da altri Chimici.

Difatto

0g,4925 sostanza diede alla combustione 0,243 acqua e 0,650 acido carbonico.

0g,322 idem 29,25 centim. cub. azoto saturo di umidità a 8°,5 e 0m,746.

o sia per cento parti.

		Esperienza	*Calcolo*
Carbonio	»	35,99	36,09
Idrogeno	«	5,47	5,26
Azoto	«	10,78	10,53
Ossigeno	«	47,76	48,12.

Assicuratomi per tal modo che trattando l'asparagina con acido nitrico, non si ottiene altro prodotto, tranne l'acido aspartico ed il nitrato di ammoniaca, pensai che per ricavare la totalità dell'acido aspartico formato sarebbe stato conveniente neutralizzare il liquido acido coll'ammoniaca, precipitare col nitrato di piombo, e decomporre l'aspartato di piombo coll'idrogeno solforato. Così feci di fatto; ma nel versare il nitrato di piombo nella soluzione proveniente dall'asparagina decomposta, osservai non senza meraviglia che il precipitato ottenuto sulle prime si ridiscioglieva nella soluzione, soprattutto col favore di un leggero riscaldamento, e dopo qualche istante di riposo si depositava in abbondanza un sale di piombo in aghi cristallini.

Il nuovo prodotto cristallizzato in prismi aghiformi, bianchi e risplendenti presentava l'aspetto del formiato di piombo. Era pochissimo solubile nell'acqua fredda e si decomponeva nell'acqua bollente. Decomposto con acido solforico concentrato, sviluppava vapori di acido nitrico; e riscaldato, bruciava producendo una leggiera deflagrazione. Riscaldato a 150° in una corrente d'aria secca, non provò nessuna diminuzione di peso. Sottoposto all'analisi diede i seguenti risultati:

Per l'idrogeno ed il carbonio

I. $0^g,8125$ di sostanza produssero 0,120 acqua e 0,3555 acido carbonico

II. $1^g,0635$ idem 0,156 acqua e 0,468 acido carbonico

Per l'azoto

I. 0,7465 di sostanza diedero 47 centimetri cubici di gas azoto umido a 11^0 e $0^m,7433$.

II. 0,555 idem 33,5 centimetri cubici di gas azoto saturo di umidità a 6^0 e $0^m,7416$.

Per l'ossido di piombo

I. 1,1595 di sostanza riscaldati in un crogiuolo di platino coll'acido solforico, lasciarono 0,8745 di solfato di piombo

II. 0,662 idem trattati allo stesso modo, diedero 0,499 di solfato di piombo.

Dai quali dati risulta che 100 parti di sale contengono.

	I.	II.
Carbonio	11,96	12,00
Idrogeno	1,63	1,62
Azoto	7,36	7,21
Ossigeno	23,57	23,72
Ossido di piombo	55,48	55,45

Questa composizione conduce evidentemente alla formula empirica $2PbO+C^8H^6Az^2O^{12}$, la quale darebbe

Carbonio	11,97
Idrogeno	1,49
Azoto	6,98
Ossigeno	23,94
Ossido di piombo	55,62.

D'onde si deduce la formula razionale seguente

$(PbO,HO+C^8H^5AzO^6)+PbO,AzO^5$ che indica un doppio sale composto di nitrato acido ed aspartato di piombo.

Debbo peraltro avvertire che avendo in seguito tentato più volte di preparare lo stesso composto col metodo pocanzi descritto, non sempre sono riuscito ad ottenerlo. L'azione decomponente che l'acqua spiega su questo sale pare indicare che la sua formazione debba essere subordinata al grado di concentrazione del liquido in cui si produce, e probabilmente ancora alla proporzione relativa de' sali che si adoperano per ottenerlo.

Ho già fatto notare che l'acido nitrico contenente acido nitroso spiega un' azione diversa da quella dell' acido puro. Nel primo caso difatto si osserva un abbondante sviluppo di una sostanza gassosa, la quale trovai essere puro azoto, senza mescolanza di acido carbonico o di altro gas. Tale sviluppo risulta evidentemente dalla reazione dell' acido nitroso sull' ammoniaca nascente dalla decomposizione dell' asparagina che si converte in acido aspartico. Ma come lo stesso acido aspartico sottomesso a tale trattamento si decompone sviluppando una sostanza gassosa formata come nel caso precedente di puro azoto, questa circostanza mi fece sospettare che l'asparagina e l'acido aspartico fossero due sostanze della stessa natura, o per dir meglio formate da un principio comune ad entrambe, e copulato a diverse quantità di ammoniaca. L'esperienza, come si vedrà, confermò pienamente i miei sospetti.

Per esaminare tutti i prodotti della reazione precedente, disciolsi 17,5 grammi di asparagina in 70 grammi di acido nitrico puro a 25° B. e feci passare nella soluzione una corrente di biossido d' azoto: la reazione cominciò immediatamente a stabilirsi, divenne vivissima dopo alcuni istanti e la temperatura s' inalzò di parecchi gradi. Il trattamento fu continuato finchè cessò ogni indizio di reazione e con essa ogni sviluppo gassoso: il liquido allora

si mostrava fortemente colorato in verde dall' acido nitroso che conteneva. Per saturare l'acido nitrico libero, vi posi a contatto qualche frammento di marmo, e cessata che fu l' effervescenza prodotta dalla decomposizione di quest' ultimo, la soluzione era ancora leggermente acida: in tale stato fu decomposta con una soluzione di acetato di piombo in eccesso. Il precipitato bianco prodotto lasciato per qualche tempo in seno del liquido, divenne denso, diminuì singolarmente di volume e produsse dei cristalli d' aspetto perlaceo. Trattando questi cristalli con acqua bollente, una piccola porzione se ne disciolse nel liquido e cristallizzò col raffreddamento dello stesso; ma la più gran parte rimase indisciolta ed incompletamente fusa, sicchè si ridusse in una specie di sostanza viscosa di color giallognolo.

A tali caratteri riconobbi che il sale di piombo precipitato non era altra cosa che malato di piombo, e difatto avendolo trattato con idrogeno solforato, separato il solfuro di piombo, ottenni un liquido acido, il quale evaporato a bagno maria lasciò un residuo che presentava tutte le reazioni dell' acido malico. Per maggior sicurezza feci l' analisi del sale di piombo, ed ottenni i seguenti numeri, i quali conducono alla nota formula del malato di piombo $=2PbO+C^8H^4O^8+6Aq$.

I. 1g,335 Sostanza, 0,2975 Acqua, 0,598 Acido carbonico.

II. 0,8465 Sostanza, 0,192 Acqua, 0,378 acido carbonico.

D' altronde bruciando il sale all' aria libera in una capsulina di porcellana, 0,7035 di sostanza lasciarono un residuo di 0,380 contenente 0,240 di piombo metallico ed il rimanente allo stato di ossido. D'onde risulta che 100 parti di sale racchiudono:

	Esperienza I.	Esperienza II.	Calcolo
Carbonio	12,21	12,18	12,21
Idrogeno	2,47	2,52	2,54
Ossigeno	28,66	28,64	28,51
Ossido di piom.	56,66	56,66	56,74

Tutto quel che precede autorizza adunque a concludere che mentre l'acido idroclorico concentrato e l'acido nitrico stesso, riscaldati coll'asparagina si limitano a convertirla in acido aspartico che resta inalterato, d'altra parte l'asparagina e lo stesso acido aspartico si decompongono con una facilità sorprendente sotto l'influenza dell'acido nitroso, producendo gas azoto ed acido malico. Ora se si paragona la formula dell'acido malico con quella dell'acido aspartico, si vede che aggiungendo a quest'ultimo gli elementi di due equivalenti di acqua si ha esattamente la composizione del bimalato d'ammoniaca $AzH^4O,HO+C^8H^4O^8$ ossia $C^8H^9AzO^{10}$, difatto

$C^8H^7AzO^8$ = Acido aspartico cristallizzato
$+H^2 \quad O^2$
———
$C^8H^9AzO^{10}$ = Bimalato d'ammoniaca.

D'altronde aggiungendo H^4O^4 agli elementi dell'asparagina si ha la formuta del malato neutro d'ammoniaca $2AzH^4O+C^8H^4O^8=C^8H^{12}Az^2O^{10}$, Difatto

$C^8H^8Az^2O^6$ = Asparagina prosciugata a 100°
$+H^4+O^4$
———
$C^8H^{12}Az^2O^{10}$ = Malato d'ammoniaca.

L'acido aspartico e l'asparagina si possono adunque riguardare come acido malico copulato con uno e con due equivalenti d'ammoniaca, cioè come due amidi del-

l' acido malico. L' azione dell' acido nitroso su questi corpi è il risultato della nota reazione che si stabilisce fra l' acido nitroso e l' ammoniaca allo stato nascente, reazione da cui hanno origine acqua, e gas azoto che si sviluppa. Fra l' acido malico, l' acido aspartico e l' asparagina è per conseguenza la stessa relazione che fra l' acido ossalico, l' acido ossamico e l' ossamide, come si deduce più chiaramente ancora dal confronto delle formule di questi corpi.

$$\begin{array}{ll} C^4AzH^5O^8 = \text{Bim. d'ammo.} & C^8AzH^9O^{10} = \text{Bim. d'ammo.} \\ \quad -H^2O^2 & \quad -H^2O^2 \\ \hline C^4AzH^3O^6 = \text{Acido ossam.} & C^8AzH^7O^8 = \text{Acido asparti.} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} C^4Az^2H^8O^8 = \text{Ossala. neut.} & C^8Az^2H^{12}O^{10} = \text{Malato neut.} \\ \quad -H^4O^4 & \quad -H^4\,O^4 \\ \hline C^4Az^2H^4O^4 = \text{Ossamide.} & C^8Az^2H^8\,O^6 = \text{Asparagina.} \end{array}$$

Per assicurarmi se l' acido nitroso produce una reazione analoga agendo sopra altri composti della stessa natura, trattai col metodo dianzi indicato l' ossamide, la succinamide, la butiramide, ed ottenni con tutti questi corpi sviluppo di gas azoto ed acido ossalico, succinico, butirico. Si sa che l' urea nelle stesse condizioni si risolve in gas azoto ed in gas acido carbonico. Pare adunque che questo modo di decomposizione osservato nell' asparagina sia comune a tutti i composti appartenenti alla famiglia degli amidi; ed è sperabile che sottoponendo alla stessa reazione altre sostanze azotate, si possano ottenere dei risultati importanti.

Un fatto degno di esser notato è la singolare facilità con cui gli amidi si decompongono per l' azione del-

l' acido nitroso. Molti di essi difatto per trasformarsi in sali ammoniacali sotto l' influenza degli alcali e degli acidi, hanno bisogno di venir riscaldati per molto tempo, e ad una temperatura piuttosto elevata; intanto trattati coll' acido nitroso sviluppano gas azoto e riproducono l' acido che trovavasi copulato coll' ammoniaca, anche all' ordinaria temperatura. L' acido aspartico p. e. che in contatto dell' acido nitroso si scinde in gas azoto ed in acido malico colla massima facilità, fuso colla potassa caustica non si decompone che incompletamente e con molta difficoltà, o almeno la sua trasformazione in acido malico ed in ammoniaca non ha luogo che ad una temperatura superiore a quella in cui l' acido malico stesso si decompone, trasformandosi in acido acetico ed in acido ossalico. Difatto avendo trattato una certa quantità di acido aspartico con un eccesso di potassa, non sono riescito con tal mezzo a convertirlo in acido malico. Arrestando il trattamento quando non era ancora cessato lo sviluppo d' ammoniaca, ed esaminando il prodotto, ho trovato che conteneva acetato ed ossalato di potassa.

Dall' insieme dei fatti di cui ho reso conto in questa memoria si possono cavare le seguenti conclusioni.

1.° L' asparagina scoperta da Robiquet e Vauquelin negli sparaci, e trovata di poi in molte altre piante, esiste ancora nelle vecce, ed in maggiore abbondanza.

2.° Risulta poi dalle mie sperienze che questo corpo manca affatto nei semi, si svilippa col germogliamento e col crescere della pianta, sia nell' oscurità sia alla luce del giorno; e poi finalmente sparisce quando ha luogo la fioritura.

3.° L' asparigina tenuta sinoggi come sostanza neutra, ha reazioni acide e scaccia l'acido acetico dalla sua combinazione coll' ossido di rame. Il composto di ossido di rame ed asparagina ha per formula $CuO+C^8H^7Az^2O^5$, e mostra che l' asparagina prosciugata a 100°, cioè quando

non perde più acqua col riscaldamento, ne contiene ancora un equivalente eliminabile per mezzo di una base.

4.° L' asparagina in presenza dell' acqua e del sugo delle vecce subisce una specie di formentazione in virtù della quale si converte in succinato di ammoniaca, appropriandosi quattro equivalenti d'idrogeno e due di ossigeno.

5.° L' asparagina fatta bollire con acido idroclorico concentrato o con acido nitrico scevro di acido nitroso, si risolve in ammoniaca che si combina coll'acido adoperato, ed in acido aspartico. Fusa colla potassa, sviluppa ammoniaca poi gas idrogeno, e si risolve in acido acetico ed in acido ossalico.

6.° Finalmente l' asparagina e l' acido aspartico trattati coll' acido nitroso, si trasformano, come fanno gli amidi, in acqua e gas azoto, e resta nel liquido dell' acido malico. Il che conduce a considerare questi due corpi come due amidi dell' acido malico corrispondenti all' ossamide ed all' acido ossamico, che sono gli amidi dell' acido ossalico.

Esperienze sulla forza elettro-motrice della terra

DEL PROF. MAGRINI DI MILANO.

Osservazioni

DEL PROF. CARLO MATTEUCCI.

Nella mia lettera al Sig. Arago inserita ne' *Comptes rendus* 12. Maggio 1845, descrissi alcune esperienze fatte con la maggiore esattezza possibile; e dalle quali era ben dimostrato che non si ha alcun segno di corrente elettrica ad un galvanometro sensibilissimo facendo comunicare le estremità del suo filo, l'una con un filo di rame lungo molte centinaia di metri e perfettamente isolato, mentre l'altra è congiunta ad un filo pure di rame termina-

to con una lastra di zinco, immersa nell' acqua o nella terra umida. Ammesso questo primo fatto, che è per me dimostrato da esperienze ripetute ed esatte, cercai in seguito di trovare la spiegazione dei fatti scoperti dal Prof. Magrini.

Per poco che i bastoni verniciati su cui il filo di rame è sostenuto sieno bagnati o leggermente inumiditi, s'ottengono i segni della corrente elettrica nell' esperienza precedente. A questo proposito confesserò di non potere intendere, nè di sapere che sia dimostrato dall' esperienza, ciò che è ammesso dal Prof. Magrini per spiegarsi la conducibilità dei bastoni o pali di legno, cioè che per le *fibre longitudinali* meglio che per le trasverse *possa l' elettricità circolare*. Nell' esperienza così disposta la corrente elettrica non può muoversi che lungo i bastoni, e non dubito che i resultati sarebbero i medesimi formando dei pali con strati di legno in cui le fibre longitudinali si trovassero parallele al filo di rame. Checchè ne sia del modo d' intendere la conducibilità dei pali di legno, è certo che l' isolamento del filo di rame teso da Milano a Sesto non era perfetto, ed i Proff. Belli e Magrini non hanno mancato di confessarlo.

Quando una lastra di zinco o di ferro è attaccata ad una estremità del filo e immersa nell' acqua o nella terra umida, se il lungo filo di rame non è perfettamente isolato, si ha una corrente diretta dal filo di rame alla lastra nel filo stesso e nel galvanometro. Nulla di più semplice di questo fatto e non m' arresterò a darne la spiegazione.

Mettendo in luogo della lastra di ferro o di zinco, una lastra di platino o d' argento, si hanno ancora i segni di corrente elettrica, e ciò sempre nel caso in cui non è perfetto l' isolamento del filo di rame. La direzione della corrente con le lastre di argento o di platino è contraria a quella ottenuta con le lastre di zinco o di ferro e non può

essere altrimenti. Sono queste l'esperienze più semplici e le più elementari che si fanno nell'esporre la teoria della pila di Volta.

Veniamo al caso in cui una lastra di rame è immersa nell'acqua o nel suolo umido: è questa l'esperienza che per i suoi resultati sembra al Prof. Magrini non potersi ricondurre ai ben noti principi della Pila di Volta. Quando la lastra è di rame e immersa nell'acqua o nel suolo umido, e che il filo di rame non è perfettamente isolato, ho ottenuto come il Prof. Magrini i segni di una corrente diretta nel galvanometro dalla lastra al filo di rame.

Nella mia Lettera al Sig. Arago di già citata, credei sulle prime di poter spiegare questo fatto ammettendo che per i molti punti di contatto fra il filo e i bastoni venisse ad essere maggiore la superficie totale del filo in contatto dei bastoni a quella della lastra; e per verità nell'esperienza da me fatta la lastra non era tanto grande da non poter fare questa supposizione.

Il Prof. Magrini nelle sue ultime esperienze ha adoperato una lastra di rame di un metro quadrato di superficie, e conclude a ragione non poter sussistere la mia spiegazione in questo caso.

Ho ritentato l'esperienza con una lastra molto più grande della prima da me adoperata, ed ho ottenuto come il Prof. Magrini i segni di una corrente diretta nel galvanometro dalla lastra al filo. Sembra dunque dimostrato dall'esperienza, che quando i due capi del galvanometro sono terminati da lamine metalliche della stessa natura, ma disuguali di superficie ed immerse nell'acqua o nel suolo, si ha una corrente diretta nel conduttore umido della lastra di minor superficie a quella di maggior superficie.

Questo fatto può sulle prime presentarsi contrario alle idee ammesse, ed è questa la cagione perchè m'affrettai a spiegare l'esperienze sopracitate ammettendo che la somma dei punti del filo in contatto coi bastoni superasse la

superficie della lastra. Questa spiegazione è oggi rigettata dall'esperienza fatta, adoperando una lastra di rame molto grande.

Per verità se si considera che la varia estensione della superficie delle lastre componenti le coppie di una pila non influisce sulla sua tensione, che quando il liquido è assai poco conduttore e la corrente debole si ha vantaggio ad ingrandire la superficie del rame in confronto di quella dello zinco, come nella Pila di Wollaston, non sembrerà strano il fatto trovato. Mancando l' esperienze, conveniva tentarne in proposito. Mi sono risovvenuto di avere nel 1835 tentate molte esperienze sulla corrente elettrica sviluppata da lamine dello stesso metallo immerse in uno stesso liquido. Non pubblicai queste esperienze perchè fui prevenuto in questa stessa epoca dal Prof. Marianini che aveva trattato in una bella memoria da lui pubblicata quasi gli stessi punti da me studiati, giungendo ai medesimi resultati. Io mi limito qui a descrivere alcune di quelle mie esperienze che possono servire al proposito nostro. Immergendo successivamente l'una dopo l'altra due lamine eguali e dello stesso metallo unite ai capi del galvanometro, si trova costantemente che la corrente è diretta nel liquido dalla lamina immersa prima a quella che s' immerge poi. Quando invece si adopera per liquido una soluzione acida molto forte d'acido idroclorico, solforico ec. la corrente ha una direzione contraria. È questo il caso dello zinco, del piombo, del ferro, del rame ec.

Studiai pure il caso di due lamine metalliche simili, una delle quali era mossa nel liquido e l'altra ferma, e trovai in generale che se le soluzioni erano molto acide, la lamina mossa era quella da cui la corrente partiva nel liquido ed era al contrario se il liquido era poco conduttore.

Finalmente mi occupai del caso di due lamine della stessa natura ma di diversa superficie, e trovo nel mio giornale questo resultato costante, ottenuto con lo zinco,

col ferro, col rame, col piombo ec.; che cioè la lamina positiva, o quella da cui parte la corrente per entrare nel liquido, è la lamina di minor superficie. Questo resultato applicandosi direttamente alla spiegazione del fatto trovato dal Prof. Magrini e da me, meritava un nuovo studio, che ho fatto con tutte le cure possibili. Ecco un esperienza facile a ripetersi e di cui il resultato è costante. Si prenda una lastra di rame, si tenga per un certo tempo immersa in un acqua leggermente acidulata con acido nitrico, tanto che divenga ben lucida, e poscia si lavi più volte nell'acqua pura e si asciughi. La lastra da me adoperata è lunga un metro ed alta mezzo metro; si congiunga questa lastra ad uno dei capi di un galvanometro sufficientemente sensibile; l'altro capo del galvanometro sia un filo di rame di un millimetro di diametro pulito come la lastra. Allora s'immerga tutta la lastra nell'acqua di pozzo e insieme il filo per cinque o sei millimetri di lunghezza. La corrente che si ottiene è costantemente diretta nel liquido dal filo alla lastra. L'esperienza riesce esattamente nello stesso modo rendendo il liquido più conduttore o immergendo prima la lastra e poi il filo, oppure diversamente o in qualunque altro modo possa stabilirsi il circuito.

Questo fatto, la cui cagione non deve qui occuparmi e che d'altronde non è difficile ad intendersi coi principii della teoria chimica della pila voltiana, è quello che ci serve alla spiegazione delle esperienze del Prof. Magrini e mie, e basta ad escludere qualunque azione speciale ed oscura che possa attribuirsi all'uso della terra in quella esperienza.

Il Prof. Magrini nella sua ultima Memoria descrive alcune altre esperienze che dobbiamo qui esaminare. Una di queste esperienze consiste nel tenere la lastra di rame immersa in un liquido formato di acqua molto acidulata con acido solforico contenuto questo in un vaso di terra porosa piantato nella terra: la corrente trovata, è diret-

ta al solito nel galvanometro dalla lastra al filo. Ho ripetuta l'esperienza del Prof. Magrini ed ho ottenuto lo stesso suo resultato. Il Prof. Magrini prende questo resultato in prova dell' insufficienza dei fatti già ben noti a spiegare la sua esperienza, dicendo doversi considerare la lamina più attaccata chimicamente del filo. Basterà però di ricordare qui alcuni fatti troppo conosciuti e d' accordo colla teoria chimica della pila per mostrare l' insussistenza della sua obiezione. É ben noto che in una coppia rame e zinco, rame e ferro, ferro e zinco, la corrente è sempre diretta nello stesso senso, anco quanto il rame nelle prime due coppie e il ferro nella seconda, sono immersi in un liquido molto più acido di quello in cui è immerso l' altro elemento. Una delle cagioni di questi fatti su cui insisterò è quella della corrente che si sviluppa fra i liquidi di natura diversa e che è sempre diretta dall' acqua al liquido acido, e in generale dal liquido meno acido al più acido nel liquido stesso. Per mostrare l' influenza di questa circostanza nell' esperienza del Professor Magrini descriverò qui un' altra esperienza. Ho immerso nella terra umida di un giardino le estremità del filo del galvanometro, formate da una lastra di rame e da un filo di rame convenientemente puliti, ed ebbi una corrente diretta al solito dalla lastra al filo nel galvanometro come nell' esperienza del Sig. Magrini. Versai dell' acido solforico allungato intorno alla lastra e la corrente fu nell' istesso senso ma più forte. Allora ripetei l' esperienza sostituendo al filo di rame un filo di platino, e alla lastra di rame, una lastra di platino o un filo di platino. Non ebbi alcun segno sensibile di corrente, ma tutto le volte che uno dei capi di platino era bagnato con una soluzione di acido solforico vi era corrente diretta nella terra dalla lastra non bagnata nell' acido alla bagnata. Evidentemente queste correnti rientrano nei casi ben conosciuti di sviluppo d' elettricità per azione reciproca di

due liquidi diversi; l' esperienza del Prof. Magrini di cui abbiamo parlato non ci costringe dunque ad ammettere nessuna azione speciale ed oscura sull' influenza della terra in quest' esperienza.

Finalmente cita il Professor Magrini un' esperienza nella quale egli adopra invece di acqua acidulata in contatto della lamina di rame una soluzione di ammoniaca, nella quale egli ottiene una corrente diretta al solito dalla lastra al filo nel galvanometro.

Questo risultato è veramente straordinario ed impossibile ad intendersi co' principj amessi. Sia per l' azion chimica sopra una delle estremità di rame che esercita l' ammoniaca, maggiore di quella dell' acqua anche acida leggermente, sia per l' azione chimica che può esser fra ammoniaca ed acqua, la corrente non dovrebbe mai prendere la direzione trovata dal Prof. Magrini.

Ho voluto tentare accuratamente alcune esperienze per assicurarmi di questa verità: ho chiuso il circuito con un galvanometro assai sensibile, immergendo i due capi di platino nella terra di un giardino alla distanza di qualche metro. La deviazione fu assai piccola. Ma spargendo dell' ammoniaca intorno ad uno dei fili, tosto insorge una corrente diretta nella terra dal filo bagnato nell' ammoniaca all' altro.

Usando due fili di rame l' esperienza riesce egualmente, e solo la corrente sviluppata è assai più forte che nel primo caso. È assai facile d' invertire più volte di seguito e quante si vuole, il senso della corrente, bastando di bagnare d' ammoniaca uno dei fili e di lasciar l' altro, bagnato prima nell'ammoniaca, nell' acqua pura.

Feci un' ultima esperienza usando per capi del filo del galvanometro la gran lastra di rame e il filo, immersi nella terra del giardino a qualche metro di distanza e sostenendo il filo di rame sui bastoni verniciati: è questa la disposizione stessa dell' esperienza del Prof. Magrini se non che egli adoperava un filo assai lungo.

Nella mia esperienza, immergendo il filo e la lastra nella terra umida, sempre usando lastra e filo ben puliti prima, ho una corrente diretta costantemente dalla lastra al filo nel galvanometro. Ora è facile o d' aumentare questa corrente o di ottenerne una in senso contrario, adoperando l' ammoniaca. Se è bagnato il filo, si vede crescer la deviazione ed è al contrario se si opera sulla lastra.

Trovandomi in opposizione coi risultati del Prof. Magrini mi sono creduto in dovere di riveder più volte l' esperienza e non ho mai trovato alcun caso di differenza fra le mie diverse esperienze: non potendo spiegarmi come per la diversa lunghezza del circuito possa nascere un' opposizione nel senso della corrente ottenuta, vedrei volentieri il Prof. Magrini ritentare di nuovo e con maggior cura quest' esperienza.

In fine il Prof. Magrini riferisce alcune esperienze fatte col solito filo teso da Milano a Sesto e formante un circuito chiuso, nel quale tolta ogni comunicazione colla terra per mezzo della solita lastra metallica introduce una pila elementare. Ciò fatto e misurata la corrente ottenuta, stabilisce la comunicazione del filo colla terra in punti diversi unendolo ad un filo che termina in terra colla lastra, ora di rame ora di zinco. Trova il Prof. Magrini che la deviazione dopo questa aggiunta non è più quella che era prima: ora la corrente è più forte ora meno, e ciò secondo la natura della lamina.

Ho più volte tentato quest' esperienza ed ho costantemente trovato che quando l' isolamento era perfetto, l'aggiunta del filo colla lastra in terra non faceva variare la forza della corrente della pila. Ho tentato quest' esperienza sia nel caso di un circuito tutto di filo di rame, sia in quello di un circuito di terra e filo. Nel primo caso, qualunque fosse la lastra che era immersa, l' ago rimaneva fermo alla deviazione portata dalla corrente della pila.

Nel circuito misto filo e terra i fenomeni non sono più così semplici, ma in tutti si trovano coi noti principj le cagioni delle differenze. Secondo la varia natura della lastra immersa nel suolo, la corrente che si sviluppa cammina ora nel senso della corrente della pila ora in senso contrario e così la deviazione ottenuta ora può crescere ora diminuire dopo l'aggiunta del filo colla lastra in comunicazione col suolo.

Quando i pali non isolano perfettamente e il circuito è molto lungo, queste stesse conseguenze si verificano: se non che diviene impossibile allora di rendersi conto di tutte le differenze che si presentano facendo comunicare colla terra il filo del circuito in diversi punti.

Tutti gli archi di derivazione che si possono fare, la maniera con cui circolerà la corrente della nuova coppia formata fra la lastra immersa e il filo rispetto a quella della pila, la parte del circuito che questa corrente potrà percorrere, sono questioni di cui la soluzione precisa in ogni caso è impossibile, finchè non si saprà quale dei pali conduce meglio, e dove la terra è più umida ec.

Riassumiamo queste considerazioni sulle ultime esperienze del Prof. Magrini.

L'esperienza prova che quando si ha un filo di rame sostenuto sopra pali verniciati e lungo molte migliaja di metri, si può, usando tutte le cure per ottenere l'isolamento, introdurre nel filo una pila e un galvanometro delicatissimo senza aver segno di corrente; questo stesso risultato si ottiene facendo toccare col suolo uno solo dei capi del filo.

Tutte le volte che ho fatto bene quest' esperienza, che eran pali ben verniciati, che non v'era punto in cui il filo toccasse o erba o altro corpo conduttore in comunicazione col suolo, sempre i segni della corrente sono mancati nei casi suddetti. Ho visto che è bastato che i bastoni fossero o mal verniciati o appena leggermente inumiditi, o che quà e là qualche contatto vi fosse fra l'er-

ba o i rami degli alberi e il filo, perchè subito i segni della corrente insorgessero.

Nel caso di un imperfetto isolamento, mi sono pure assicurato che i segni della corrente ottenuta avendo un capo del filo nell'aria, l'altro immerso nell'acqua o nella terra per mezzo di una lastra, i segni della corrente erano quali dovevano essere, ammettendo coi noti principj che ora la lastra, ora il filo, facciano l'ufficio dello zinco nella coppia.

E da tutto questo devo concludere non essere dimostrato dall'esperienza che la terra abbia una *forza elettromotrice propria.*

Non terminerò quest'osservazione senza dichiarare che mi duole di esser dovuto ritornare sopra questo soggetto mettendomi di nuovo in opposizione col Prof. Magrini che con tanto zelo e attività cerca di giungere alla dimostrazione di fatti che sarebbero di certo dei più originali e importanti che si fossero scoperti in questi ultimi tempi.

E per questo lato, io credo di servire alla scienza e di non dispiacere al Prof. Magrini stesso, impegnandolo maggiormente a continuare nelle sue esperienze. M'auguro perciò ardentemente che egli giunga a risultati netti e tali da non potersi interpretare colle teorie ammesse, e sarò allora il primo a dichiarare tutto il valore delle sue scoperte.

Mi permetto anzi di pregare il Prof. Magrini a voler profittare del lungo filo di solo rame, che suppongo sempre teso da Milano a Sesto, per tentare alcune esperienze.

1.° A filo non perfettamente isolato, tentare qual sia la direzione della corrente avendo immersa nel suolo ad una estremità la lastra di rame, bagnandola ora nell'ammoniaca ora nell'acido solforico diluito. In quest'esperienza è importante che qualunque porzione di filo di ferro sia esclusa dal circuito e che in tutte le esperienze si tenti sempre nelle stessissime condizioni facendo variare solamente il liquido in cui pesca la lastra.

2.º Avendo il lungo filo da Milano a Sesto coi capi all'aria, assicurarsi dell'isolamento introducendo la pila nel circuito. Se i segni della corrente mancano in questo caso, sarebbe bello di ottenerli togliendo la pila e facendo immergere nel suolo un solo dei capi del filo terminato con una lastra di zinco o di ferro.

3.º Se usate tutte le precauzioni, si vedesse insorgere la deviazione in quest'ultima esperienza, allungando il filo isolato che comunica colla lastra e crescere coll'allungamento, sarebbe questo un fatto molto importante.

Non veggo che debba negarsi coi fatti che abbiamo, la possibilità di avere una corrente in un filo metallico che ha in un punto un disequilibrio d'elettricità e che per moltissimi punti del resto della sua superficie può perdere l'elettrità rapidamente.

Sull'uso del cloruro di zinco per impedire la putrefazione.

NOTA DI C. MATTEUCCI.

È già molto tempo che la soluzione di subblimato corrosivo s'impiega alla conservazione delle preparazioni anatomiche e in generale di tutti i tessuti animali. Questa stessa soluzione è pure stata con successo adoperata per impedire quella specie di putrefazione che soffre il legno sott'acqua e dentro terra.

In Inghilterra si è sostituito con vantaggio in questi ultimi tempi la soluzione di cloruro di zingo per la conservazione dei legni, a quella del sublimato. Ho creduto di qualche interesse l'esporre i risultati d'alcune esperienze tentate sull'uso del cloruro di zinco in altri casi.

Ho empito un gran numero di boccie di vetro della capacità di circa un litro di un miscuglio a parti eguali

d' acqua di pioggia e acqua di mare; ho introdotto in queste boccie così preparate una certa quantità di foglie verdi di acacia sminuzzate in varii pezzi colle forbici. In questi diversi liquidi ho aggiunto una quantità pesata di cloruro di zinco che ho poi disciolto bene in pura acqua distillata prima di versarlo nelle boccie. Le proporzioni furono da $^1/_{1000}$ a $^1/_{100000}$ di cloruro nel liquido. Ho empito pure una boccia con sola acqua di mare, un altra con acqua distillata, una con acqua di fonte e un ultima con una soluzione di 1 oncia di solfato di soda in libbre quattro d'acqua di fonte e anche in queste quattro ultime misi le foglie d'acacia. Finalmente preparai quattro boccie simili e vi aggiunsi una quantità piccolissima di cloruro di zinco disciolto, $^1/_{100000}$ circa.

Queste varie boccie furono messe in una stufa in cui la temperatura era costantemente dai $+ 25^0$ ai $+ 28^0$ C. Ecco i risultati che distintamente si ottenere dopo un mese: l'idrogene solforato si sviluppò abbondantemente nelle boccie in cui non era cloruro di zinco e formate di acqua salata, acqua piovana e soluzione di solfato di soda.

Ognun vede che è impossibile di valutare esattamente in quale di queste lo sviluppo era stato più forte, ma stando ai soliti segni, odore e annerimento dell'acetato di piombo, si sarebbe dovuto dire che ciò era accaduto nell' acqua di mare. Oltre allo sviluppo dell' idrogene solforato, le foglie erano ingiallite, e alterate, e la superficie coperta di muffa e nella massa si vedevano delle conferve generate.

Nell' acqua distillata l' idrogene solforato non era sensibile: le foglie però erano gialle e in parte disfatte, le conferve esistevano e il liquido mandava un odore disgustoso. In tutte quelle boccie in cui il cloruro di zingo era stato aggiunto non solo non v' era traccia di idrogene solforato, ma le foglie erano verdi e coll' apparenza di freschezza di quando vi furono messe. Non conferve, non muffe si erano formate nel liquido. Notisi che la propor-

zione più piccola del cloruro di zinco fu quella di $^1/_{100000}$ del liquido.

Al momento in cui scrivo questa nota, corrono i sei mesi da quando le boccie furono preparate e non v'è cangiamento alcuno che sia accaduto nelle foglie.

È indubitato adunque che il cloruro di zinco, anche in quantità estremamente piccola, è capace di arrestare la putrefazione dei vegetabili e lo sviluppo dell'idrogene solforato che l'accompagna nel maggior numero dei casi.

M'è parso che l'uso di questo sale, di cui il prezzo è piccolissimo, potesse anche in qualche speciale circostanza estendesi a mitigare o a distruggere la putrefazione che avviene negli stagni.

Spero, di poter fra non molto render conto di un esperienza di questo genere che sto compiendo.

Aggiungerò pure di non aver mai ottenuto segno di putrefazione in pezzi di muscoli o di pelle di rane tenuti nelle soluzioni acquose con traccie di cloruro di zingo.

Teoria Matematica del circuito galvanico

DEL DOTT. OHM

Traduzione dal tedesco, del Dott. Achille Perugia

(*Continuazione dalla pag.* 348 *dell' anno antecedente*).

Con ciò si compie la considerazione di quei tali circuiti galvanici che hanno raggiunto lo stato costante, e che non subiscono particolari modificazioni, nè per l'influenza dell' aria circostante nè per un successivo cambiamento della loro composizione chimica.

Da qui in poi scema però sempre più la semplicità del soggetto; talmentechè il processo elementare adoperato fin ora và quasi totalmente abbandonato.

Per ciò che spetta quei circuiti galvanici sui quali l' aria ha influenza e il di cui stato varia col tempo, senza che questo variare sia cagionato da una progressiva trasformazione chimica del circuito, e che si distinguono in ciò dagli altri che la grandezza della loro corrente è diversa nei diversi luoghi, io mi sono contentato di trattare di questi casi soltanto il più semplice, perchè essi di rado si incontrano in natura e potrebbero in generale sembrare di poco interesse. Io ho fatto ciò tanto più volentieri in quanto che mi propongo di ritornar su questo soggetto.

Al contrario io ho consacrato nell' appendice una particolare attenzione a quanto riguarda quella modificazione del circuito galvanico che è cagionata da una trasformazione chimica nel circuito, che prima è prodotta dalla corrente e poi reagisce su di essa. Il metodo che ho tenuto s' appoggia su di un gran numero di esperimenti fatti per quest' oggetto, i quali qui non espongo perchè sembrano suscettivi di una precisione assai maggiore di quella che mi fu concessa quando li feci, per aver trascurato molti elementi influenti dei quali però ritengo qui necessaria la menzione onde non privare il metodo che io seguo nell' appendice, che è un metodo di verificazione il quale io credo doversi alla verità, di quella convalidazione che essi esperimenti possono recargli.

Io ho cercato nella distribuzione dell'elettricità, che abbiamo sopra descritta e che è propria al circuito galvanico, la cagione dei cambiamenti chimici prodotti dalla corrente nelle parti del circuito che sono atte a subirli, e quanto al punto principale non dubito quasi di averla ivi trovata. Si vede tosto che ogni porzione di un circuito galvanico compresa tra due sezioni trasversali e parallele di questo, la quale ubbidisce alle attrazioni e ripulsioni elettriche, e di cui nulla impedisce il movimento, deve nel

circuito chiuso esser spinta in un determinato senso, perchè queste attrazioni e ripulsioni sono diverse da una parte e nell' altra di essa porzione, in conseguenza del continuo mutarsi della forza elettrica; e il calcolo fa vedere *che la forza con cui quella porzione è spinta in un senso è in ragione composta della grandezza della corrente elettrica, e della forza elettrica che si trova nella porzione suddetta.* Con ciò non viene condizionato che un cambiamento di luogo della porzione compresa tra due sezioni trasversali e parallele.

Però quando questa porzione è un corpo composto, le di cui molecole secondo le vedute elettrochimiche differiscono tra loro per una diversità nei loro rapporti coll' elettricità, si vede che quella spinta in un senso deve agire con forza disuguale, e nel più dei casi in direzioni opposte sulle parti costituenti differenti e evitare in esse una tendenza e separarsi l' una dall' altra.

Da questa considerazione emerge una particolare attività del circuito galvanico che tende ad effettuare un cambiamento chimico di tutte le sue parti e che io ho chiamata *forza decomponente*, e di cui ho cercato di determinar la grandezza in ogni caso particolare. Questa determinazione dipende dal modo con cui ci rappresentiamo unita l' elettricità alle molecole dei corpi (1). Si supponga, il che par la cosa più naturale, che l' elettricità si diffonda sul volume dei corpi in ragione della loro massa, allora un' analisi completa mostra che *la forza decomponente della catena è proporzionale all' energia della corrente, ed inoltre che essa forza è data da un coefficente da rilevarsi dalla natura delle parti costituenti e dalla proporzione in cui sono unite.*

Dalla natura di questa forza decomponente del circuito,

(1) Sulla propria significazione di questa osservazione fra poco occasionerà di tener parola, quando tenterò di ridurre le azioni delle parti di un circuito galvanico le une sull' altre, come è stato scoperto da Ampere, alle solite attrazioni e ripulsioni elettriche.

la quale è ugualmente energica in tutti i punti di una parte omogenea, si rileva subito che quando essa è capace di vincere in tutte le circostanze la forza che tiene unite le parti costituenti, la separazione ed il trasporto di esse verso l'una e l'altra parte della pila non saranno limitate che dagli ostacoli meccanici; però se l'affinità delle parti in qualche luogo costituenti supera fin dal principio in ogni luogo, o nel corso dell'azione, la forza decomponente della pila, non avrà più luogo nessun ulteriore movimento degli elementi.

Questo che abbiam discorso in generale sulla forza decomponente si riannoda alle sperienze sul trasporto fatte da Davy e da altri.

È degno di singolare considerazione uno stato particolare della ripartizione delle parti costituenti di una combinazione liquida, il quale sembra prodursi nella maggior parte dei casi, e di cui ecco la cagione. Quando la decomposizione deve ristringersi ad una porzione limitata del circuito, e che allora le parti costituenti dell'una specie vengono spinte verso un'estremità, e le molecole dell'altra specie verso l'altra estremità di questa porzione, l'azione ha appunto per ciò un limite naturale; poichè le parti costituenti dell'una specie che preponderano in un'estremità di una porzione qualunque della parte del circuito compreso nella decomposizione, in virtù delle forze ripulsive che sono in esse si opporranno continuamente al movimento delle parti costituenti della stessa specie verso quell'estremità, così che la forza decomponente della pila ha da superare non solo la forza che tiene unite le parti costituenti di specie diverse, ma ancora questa reazione reciproca delle molecole della stessa specie. Ne viene che il cambiamento chimico deve cessare quando nasce l'equilibrio tra queste diverse forze in un tempo qualunque.

Questo stato costante della porzione del circuito compreso nella decomposizione, e costante in una distribu-

zione chimica particolare delle parti costituenti, è quello d'onde io sono partito e la cui natura io ho cercato di determinar esattamente nell' appendice.

Già la sola descrizione del modo di prodursi di questo fenomeno notevolissimo fa conoscere che alle ultime estremità della parte ove ha luogo la suaccennata distribuzione non può esserci nessun equilibrio naturale, per cui in questi luoghi le parti costituenti diverse debbono esser ritenute da una forza meccanica, se non passano nelle parti più vicine del circuito, o, se le circostanze lo portano, non si separano del tutto dal circuito. Chi non vorrà riconoscere in questa semplice esposizione le cose principali osservate nei fenomeni della decomposizione chimica per mezzo del circuito?

Se la corrente e con essa la forza decomponente è subitaneamente interrotta, le parti costituenti distribuite rientreranno a poco a poco nel loro equilibrio naturale, ma tenderanno a riprendere lo stato di prima tosto che sia di nuovo stabilita la corrente. Mentre ciò succede si cambia, come è facile a comprendersi, insieme alla natura chimica continuamente anche la capacità di condurre ed anche il modo di eccitazione negli elementi della porzione compresa nella decomposizione, da ciò sarà quindi prodotto un continuo cambiamento nella distribuzione della elettricità, e quindi nella grandezza della corrente nel circuito che ne dipende, la quale trova soltanto i suoi limiti naturali nello stato costante della distribuzione chimica. Per l'esatta determinazione di quest' ultimo grado della corrente elettrica si richiede la conoscenza della legge secondo la quale si regola la conducibilità e la forza di eccitazione dei composti variabili formati da due liquidi diversi. Quant' offre sin ora su questo proposito l' esperienza non parendomi soddisfacente, ho preferito qui una determinazione teoretica, la quale fin che la vera legge non è trovata può tenerne il posto.

Coll' aiuto di questa legge, non del tutto ipotetica, io

giungo all' equazioni le quali danno a conoscere ciascuna delle circostanze che producono lo stato costante della distribuzione chimica nel circuito galvanico; tuttavia io non mi sono più oltre prevàlso di esse, perchè lo stato attuale delle nostre cognizioni su quest' oggetto non sembrava promettermi una ricompensa adeguata alle fatiche a ciò richieste.

Tuttavia per poter paragonare in generale i risultati di queste ricerche con quelli dati dalla esperienza, io ho trattato completamente un caso particolare e da esso ho veduto che la formula rappresenta assai bene il modo di variare delle forze che io ho già descritte (1).

Dopo aver dato così un facile prospetto delle cose contenute in questo scritto, passo a trattarvi ciascuna più a fondo.

A) *Ricerche generali sulla propagazione dell' Elettricità.*

1.º Una proprietà dei corpi che si manifesta in certe circostanze e che noi chiamiamo *elettricità*, si dà a riconoscere dall' attrarsi o respingersi che fanno tra loro i corpi che la posseggono, e che perciò son detti corpi *elettrici*.

Onde investigare in modo perfettamente determinato i cambiamenti che occorrono nello stato elettrico di un corpo *A*, noi lo uniamo ogni volta in circostanze uguali, ad un altro corpo mobile e di stato elettrico invariabile, al così detto *elettroscopio*, e determiniamo la forza con cui l' elettroscopio è attratto o respinto dal corpo.

Questa forza la chiamiamo la forza *elettroscopica* del corpo *A*, e per esser in caso di distinguere se essa forza è attrattiva o ripulsiva facciamo prendere all' espressione della sua misura il segno + o il segno —.

Lo stesso corpo *A* può anche servire a determinare la forza elettroscopica delle diverse parti di un medesimo

(1) Schweiggers Fahrbrah 1826. N. 2.

corpo. A tal oggetto prendiamo il corpo *A* di picciolissime dimensioni, affinchè quando lo portiamo in intimo contatto col luogo da esaminarsi di un terzo corpo qualunque, esso possa a cagione della sua picciolezza esser risguardato come rappresentante quel luogo medesimo; allora la sua forza elettroscopica, misurata come poc' anzi si è detto, se riesce diversa pei diversi luoghi del 2.° corpo, darà a conoscere la differenza relativa di questi luoghi rapporto all' elettricità.

Questi schiarimenti tendono a dare una significazione semplice ed esatta all' espressione « forza elettroscopica ». Non appartiene al nostro soggetto il trattenerci sulla maggiore o minore suscettibilità d' applicazione, dei diversi processi possibili per giungere alla determinazione delle forze elettroscopiche in tal paragone di essi.

2.° Noi ci accorgiamo che la forza elettroscopica varia progressivamente da un luogo all' altro, e da un corpo all' altro, non soltanto nei diversi luoghi nello stesso tempo, ma anche nello stesso luogo in tempi diversi. Onde determinare in che modo dipende la forza elettroscopica dal tempo in cui essa è osservata, e dal luogo in cui si manifesta, dobbiamo partire dalle leggi fondamentali a cui è sottoposto lo scambio di forze elettroscopiche che ha luogo tra gli elementi di un corpo.

Queste leggi fondamentali sono di due sorte, o prese dalla esperienza, o dove questa manchi assunte ipoteticamente.

L' ammissibilità delle prime non può esser soggetta a nessun dubbio, e la legittimità delle ultime viene provata dalla concordanza dei risultati dei calcoli dedotti da esse, con ciò che in realtà succede; quindi, siccome il calcolo esprime nel modo il più determinato il fenomeno colle sue modificazioni, così deve una osservazione egualmente completa della natura abbattere o giustificare decisivamente le ipotesi del calcolo, affinchè questo non abbia nel suo progredire ad imbattersi sempre in nuove incertezze.

In ciò consiste il merito principale del calcolo, cioè nell' offrire una tal generalità di espressioni in niuna parte ambigue da invitar sempre a nuove sperienze, e quindi nel condurre ad una cognizione più perfetta dei fenomeni della natura. Ogni teoria creata sui fatti di una classe di fenomeni naturali che non regge ad un esposizione matematica dettagliata è imperfetta, ed è incerta ogni teoria la quale potendo esser sviluppata in tale esatta forma non è quanto si deve comprovata dall' esperienza. Fintantochè dunque almeno una parte delle azioni di una forza della natura non è stata esattamente osservata in tutte le sue gradazioni, il calcolo che se ne occupa non è che su di un terreno mal fermo, perchè non esiste nessuna *pietra di paragone* per le ipotesi di esso, ed in fondo val meglio aspettare un tempo più opportuno; quando però il calcolo si pone all' opera fornito di quanto gli spetta, egli arricchisce il campo su cui si trattiene di nuovi fenomeni naturali, almeno per via indiretta, come l' esperienza di tutti i giorni ne fa palese. Io ho creduto di dover far succedere queste osservazioni generali non soltanto perchè esse faranno più chiaro quel che siamo per dire, ma ancora perchè esse sembrano poter render conto del non essersi il calcolo già da lungo tempo occupato con più successo di quel che ha fatto finora dei fenomeni galvanici, sebbene esso, come si vedrà in appresso, abbia già da prima presa la via a ciò giovevole in un altra parte della fisica apparentemente a ciò meno preparata.

Dopo questo preambolo passiamo a stabilire le leggi fondamentali.

3.° Quando due elementi elettrici E ed E' di un corpo, della stessa grandezza e della stessa forma e situati l' uno rispetto all' altro nello stesso modo, ma di forza disuguale, stanno tra loro ad una distanza convenevole, essi manifestano una tendenza reciproca a mettersi in equilibrio elettrico, la qual cosa si riconosce dall' avvicinarsi che fanno continuamente e sempre più alla media dei loro stati

elettrici finchè non l' hanno effettivamente raggiunta; cioè i due elementi cambiano il loro stato elettrico, finchè esiste una differenza tra le loro forze elettroscopiche, è questo cambiamento reciproco cessa però quando sono giunti ambedue ad avere la stessa forza elettroscopica.

Dunque questo cambiamento dipende dalla differenza elettrica degli elementi in maniera tale che quello cessa allo sparir di questa.

Ora noi supporremo che il cambiamento avvenuto nei due elementi in un istante piccolissimo di tempo sia proporzionale alla differenza delle forze elettroscopiche che si trovano in ciascuno di essi nel medesimo tempo, ed alla durata dell' istante; e senza ammettere una differenza materiale qualunque di elettricità, stabiliamo che le forze precedute dal segno + e dal segno — debbano in generale trattarsi appunto come quantità opposte. Che il cambiamento si regoli esattamente dietro la differenza delle forze è una supposizione del calcolo, la più naturale perchè la più semplice, il resto è dato dalla esperienza. Il movimento della elettricità nella maggior parte dei corpi è così rapido, che raramente si possono cogliere i suoi cambiamenti nei diversi punti, e quindi non siamo in istato di determinare completamente coll' esperienza la legge secondo la quale questi cambiamenti si regolano.

I fenomeni galvanici ne' quali questi cambiamenti si producono in forma costante, sono quindi di alto interesse per verificare la supposizione fatta. Se le conseguenze dedotte da quella supposizione sono confermate dai suddetti fenomeni, essa è ammissibile, e può senza difficoltà trovare la sua applicazione almeno entro gli stessi limiti della forza in tutte le ricerche analoghe.

Noi abbiamo supposto concordemente alle sperienze fatte finora che quando tra due elementi della stessa costituzione esterna, e di sostanze uguali o diverse, ha luogo un cambiamento reciproco dei loro stati elettrici, l' uno di essi perde tanto in forza quanto l' altro guadagna.

Forse in seguito si rileverà dalla esperienza che i corpi posseggono una *capacità* per l'elettricità simile a quella che posseggono pel calore; in tal caso la legge stabilita da noi dovrà, come a suo luogo mostreremo, esser un poco cambiata.

4. Quando i due elementi E ed E' non sono di eguale grandezza è sempre concesso di considerarli come somme di parti uguali. Supponiamo che l'elemento E consti di m parti perfettamente uguali, e l'elemento E' di m' di queste parti, ed immaginiamoci gli elementi E ed E' tanto piccoli rispetto alla loro reciproca distanza che tutte le parti di un elemento sieno equidistanti a tutte le parti dell'altro elemento; la somma delle azioni, in questo caso, di tutte le m' parti dell'elemento E' su di una parte dell'elemento E sarà m' volte l'azione di una parte sola, e la somma di tutte le azioni che esercita l'elemento E' su tutte le m parti dell'elemento E sarà mm' volte quella che esercita una parte di E' su di una parte di E. Si vede da ciò che trattandosi delle azioni reciproche di due elementi disuguali, non bisogna prenderle soltanto proporzionali alla differenza delle loro forze elettroscopiche ed alla durata del tempo, ma anche al prodotto delle loro grandezze relative. Noi chiameremo in seguito *quantità di elettricità*, la somma delle indicazioni elettroscopiche, riferita alla grandezza degli elementi; per la qual somma si ha da intendere il prodotto della forza nella grandezza dello spazio in cui essa è diffusa, quando in tutti i punti di questo spazio è sempre la medesima. Coll'espressione *quantità* di *elettricità* non intendiamo di stabilir nulla circa alla natura materiale dell'elettricità, e questa osservazione valga per tutte le espressioni sintetiche qui introdotte.

Nel caso in cui gli elementi non possono aversi evanescenti per rispetto alla loro reciproca distanza, bisognerà porre invece del prodotto dei loro volumi una funzione delle loro dimensioni e della loro distanza media, da

determinarsi per ogni caso particolare. Questa funzione quando l'adopreremo la designeremo con F.

5.º Fin qui non abbiamo punto contemplata l'influenza della distanza reciproca degli elementi tra i quali avviene un parreggiamento di stati elettrici, perchè abbiamo sempre avuto a considerare elementi che conservano sempre una medesima distanza. Ora però può chiedersi se quello scambio succeda *immediatamente* soltanto tra due elementi contigui, o se si estende ad elementi più lontani, e come la di lui grandezza in un ipotesi o nell'altra sia modificata dalla distanza di essi.

Ne' casi in cui le azioni molecolari entrano in giuoco a piccolissime distanze si suole seguire una ipotesi di Laplace; secondo la quale una scambievole azione tra due elementi separati da altri ha bensì luogo immediatamente ad una distanza finita ma però questa azione scema così rapidamente che ad ogni distanza sensibile, per quanto minima, deve esser risguardata come nulla.

Ciò che indusse Laplace ad adottare questa ipotesi si fu che la supposizione che l'azione immediata si eserciti soltanto tra gli elementi contigui gli dava delle equazioni i cui termini non erano tutti della stessa dimensione relativamente ai differenziali delle variabili, la quale mancanza di omogeneità è assolutamente contraria allo spirito del calcolo differenziale. Questa non omogeneità apparentemente inevitabile dei membri di un equazione differenziale, i quali pure necessariamente l'uno all'altro si appartengono, è troppo sorprendente per non attivare sopra di se l'attenzione di coloro che si occupano di tale ricerche; quindi un tentativo per contribuire qualche cosa alla spiegazione di questo enigma sarà qui tanto più al suo vero posto, in quantochè otterremo il vantaggio che le considerazioni che seguono riusciranno più brevi e più semplici. Il movimento dell'elettricità ne servirà solo di esempio non essendo difficile di trasportare i risultati attenuti a qualunque altro simile oggetto, come avremo occasione di mostrare più tardi.

6.º Innanzi tutto è necessario che fissiamo esattamente l' idea di conducibilità. Noi teniamo conto della diversa conducibilità (Stärke der Leitung) tra due luoghi esprimendola con una quantità la quale, tutte le altre circostanze essendo uguali, è proporzionale al prodotto della quantità di elettricità trasportata da uno di quei luoghi all' altro in un tempo determinato, nella distanza trà due luoghi. Se questi sono estesi, si deve intendere colla loro distanza la linea retta che unisce i loro due punti di mezzo.

Trasportiamo questa nozione a due elementi elettrici E ed E' di un corpo, e chiamiamo s la distanza reciproca dei due punti di mezzo, q la quantità d' elettricità che in circostanze del tutto determinate ed invariabili è trasportata da un elemento all' altro, e $\varkappa$ la conducibilità che esiste tra essi, sarà $\varkappa = q\,s$.

Cerchiamo di meglio determinare la quantità di elettricità indicata da q. Dal num. 4 si vede che la quantità di elettricità che in un tempo cortissimo viene trasportata da un elemento all' altro in generale è proporzionale, la distanza essendo invariabile, alla differenza delle forze elettroscopiche degli elementi, alla durata del tempo ed alla grandezza di ciascun elemento. Indichiamo dunque con u ed u' le forze elettroscopiche dei due elementi E ed E' ed i loro volumi con m ed m', otterremo per la quantità di elettricità trasportata da E verso E' nel tempuscolo dt la seguente espressione $\alpha\, m\, m' (u' - u)\, dt$ ove α rappresenta un coefficente dipendente dalla distanza s.

Questa quantità varia ad ogni istante quando $u' - u$ è variabile, supponiamo però che le forze u' ed u restino in ogni tempo le stesse, allora essa dipende soltanto dalla grandezza del tempuscolo dt, però possiamo estenderlo all' unità di tempo, ed allora se si pone la differenza, ora costante, delle forze $u' - u$ uguale all' unità di forza, essa quantità diventa $\alpha\, m\, m'$.

Sarà Continuato

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Gennajo dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR.	ELETTRICO
1	765,60	+ 5,4	98	763,25	+ 7,2	98	762,20	+ 8,8	90	761,90	+ 10,0	92	+ 11,5	+ 4,0	Pioggia fine	E	
2	757,60	5,8	96	757,15	6,6	98	756,30	8,8	95	757,45	6,6	70	11,0	5,0	Nebbia folta e quindi bello	S - SE	
3	759,50	6,2	54	760,20	7,2	47	760,90	7,4	46	761,20	5,2	48	10,5	3,0	Bello	SE	
4	762,15	3,0	69	761,10	5,6	60	759,40	5,4	54	758,60	5,8	50	8,0	3,0	Bello	SE	
5	755,50	2,0	75	755,20	3,4	73	755,20	4,4	73	755,60	2,6	75	6,5	4,0	Coperto	S - SE	
6	760,65	3,4	66	761,65	4,8	69	762,40	4,2	64	763,50	1,4	70	4,5	0,0	Bello	SE	
7	768,60	1,8	76	769,10	4,8	72	769,65	4,4	70	771,25	2,0	73	5,5	0,0	Bello	SE	
8	774,40	1,4	78	774,60	6,2	64	773,50	7,4	63	774,15	4,2	65	5,5	— 0,5	Bello	SE	
9	775,65	1,8	78	775,75	8,8	74	774,65	9,2	74	774,90	3,2	92	8,0	0,0	Bello	E	
10	775,15	1,4	93	774,80	6,8	80	774,25	9,2	74	774,25	3,8	94	9,5	0,0	Bello	E	
11	773,30	— 0,1	69	773,10	5,5	88	772,10	7,6	92	771,15	5,2	95	9,5	0,6	Bello	E	
12	770,70	+ 5,4	97	770,80	6,8	97	770,00	7,0	98	769,90	6,2	98	9,0	+ 5,0	Coperto	E - SE	
13	768,70	8,5	96	767,75	9,4	90	766,60	10,0	88	765,70	8,0	90	9,2	4,0	Qualche nuvolo	SE	
14	763,20	8,7	86	762,75	10,6	84	762,15	11,0	81	762,25	9,2	85	11,0	6,0	Nubi sparse	E	
15	763,20	9,8	84	763,30	12,0	78	763,20	12,2	77	763,25	11,2	79	11,8	6,0	Pioggia fine ad intervalli	SE	
16	765,45	9,0	78	765,20	10,8	76	764,25	11,6	74	764,50	8,4	84	13,0	6,0	Nuvoloso	S	
17	763,10	5,8	90	762,20	10,4	84	761 15	11,6	78	760,50	8,8	95	12,3	4,0	Bello	SE	
18	758,20	9,2	96	758,20	10,2	94	758,35	10,6	90	759,65	8,4	94	12,5	4,8	Pioggia con poco o nulla ven.	NE	
19	763,65	7,8	95	763,70	10,6	88	764,15	10,8	86	764,60	8,0	94	11,3	5,0	Bello	E	
20	765,15	8,05	97	764,25	9,6	95	764,20	10,2	94	763,80	9,4	94	11,5	5,0	Coperto	SE	
21	765,60	8,6	98	765,50	11,85	95	765,30	12,4	93	764,75	10,4	94	11,0	6,0	Pioggia con poco o nulla ven.	E - NE	
22	764,50	9,8	96	764,20	11,0	95	763,30	10,8	95	763,30	10,2	97	13,0	6,5	Coperto	SE	
23	760,25	11,6	97	759,40	13,05	97	758,65	13,25	93	758,20	11,20	96	12,3	7,5	Nubi sparse	S - SO	
24	755,35	11,55	98	755,15	12,6	92	755,60	12,8	91	757,55	11,4	93	15,0	7,0	Nubi sparse	O	
25	764,20	11,2	98	764,15	13,8	97	764,10	13,4	96	763,40	11,8	93	14,0	7,0	Nubi sparse	NO	
26	756,15	9,4	96	755,30	12,0	91	754,15	13,0	90	750,20	9,8	97	14,5	7,0	Pioggia con poco vento	S - SE	
27	749,15	9,0	98	748,60	11,25	96	748,10	12,4	91	749,70	8,0	95	14,0	6,0	Nubi sparse	E	
28	757,75	5,0	99	757,50	9,05	97	757,40	12,0	92	757,65	9,2	95	13,0	2,0	Nebbia folta poi bello	SE	
29	759,70	8,2	96	760,10	11,0	94	760,15	12,6	85	759,70	10,0	95	12,5	4,0	Bello	S	
30	755,80	10,0	94	756,65	12,4	82	757,40	12,8	82	757,45	12,2	94	13,3	6,2	Bello	SE	
31	765,80	6,2	95	764 25	10,6	90	763,10	12,7	91	763,50	8,8	95	13,3	3,5	Bello	SE	
1	765,48	+ 3,2	88	765,28	+ 6,1	73	764,85	+ 6,9	70	758,28	+ 4,5	73	+ 8,0	+ 1,8 . . Media dal 1.° al 10 + 5,2		Pioggia in cent.	
2	765,46	7,2	91	765,25	9,6	87	764,67	11,2	85	764,53	8,3	91	11,1	4,5 . . Media dagli 11 ai 20 9,1		Terraz. 2,37	
3	759,48	9,1	96	759,00	11,7	91	758,67	10,7	91	759,38	10,3	91	13,3	5,7 . . Media dai 21 ai 31 10,4		Campan. della Primaz. 2,41	
	763,47	6,5	92	763,18	9,1	84	762,73	9,6	82	760,80	7,7	85	10,8	4,0 . . . Media del mese + 8,2			

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Febbrajo dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saus. surre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR.	ELETTRICO
1	762,15	+ 7,6	97	760,80	+ 10,2	95	759,75	+ 10,8	90	758,70	+ 7,0	95	+ 11,3	+ 4,0	Coperto	E	
2	757,15	8,2	97	757,50	11,0	92	757,15	12,2	90	755,20	9,4	93	11,5	5,0	Coperto	E	
3	758,40	8,2	96	759,25	11,6	93	758,80	12,8	88	761,80	8,2	95	12,5	5,0	Bello	E	
4	766,55	6,9	95	765,70	10,4	89	766,15	12,6	84	766,75	9,4	94	13,3	3,0	Nubi sparse	E	
5	767,20	10,2	93	765,75	12,0	90	764,70	12,6	87	764,25	9,8	98	13,5	3,5	Nubi sparse	E	
6	761,17	10 8	96	759,70	13,0	88	758,15	13,4	93	757,20	10,4	96	13,5	8,0	Pioggia con vento	E	
7	768,50	9,0	86	768,30	10,8	72	767,40	10,4	73	767,55	7,4	88	14,0	4,0	Bello	S - SE	
8	765,35	6,8	95	763,50	13,2	85	762,20	11,8	86	760,80	9,8	86	12,0	3,8	Bello	S - SE	
9	756,20	11,2	80	754,15	12,2	76	753,25	12,0	76	753,50	7,2	80	14,0	5,0	Nubi sparse	E	
10	759,25	6,0	76	760,80	7,6	60	760,20	6,8	60	762,55	3,8	65	13,0	2,5	Nubi sparse	E	
11	764,10	2,8	73	762,70	6,4	65	760,75	6,6	60	760,15	3,0	67	8,5	1,0	Sereno	SE	
12	758,20	4,2	72	758,45	7,0	68	758,70	7,2	68	759,80	4,6	70	7,0	5,0	Sereno	SE	
13	761,70	2,7	77	761,35	7,4	64	760,40	8,4	68	760,15	4,4	78	7,5	0,0	Bello	SE	
14	760,30	3 8	58	760,45	8,6	75	759,85	10,8	82	760,10	5,4	90	9,0	5,0	Bello	SE	
15	762,50	7,0	93	762,70	9,4	86	763,18	11,0	81	763,75	7,2	90	11,5	3,0	Bello	SE	
16	765,45	6,8	93	765,25	10,6	78	764,35	11,0	80	764,10	7,8	88	11,5	3,0	Bello	SE	
17	763,20	7,7	94	763,60	10,8	84	763 18	11,4	80	761,45	7,2	93	12,0	5,0	Pioggia con poco o nulla ven.	NO	
18	759,35	6,8	95	759,00	10,8	85	757,80	11,0	84	757,20	9,2	90	12,0	4,0	Nubi sparse	N - NO	
19	760,20	9,8	88	761,20	12,2	78	761,45	12,0	76	763,65	8,4	90	12,3	5,5	Bello	N - SE	
20	767,80	7,0	96	767,70	19,6	93	767,60	12,4	78	770,15	9,8	92	13,0	2,8	Bello	N - SE	
21	771,10	8,4	96	772,50	11,0	82	772,10	12,7	75	771,95	9,8	90	13,0	3,0	Bello	N - SE	
22	774,25	8,6	93	774,10	10,8	90	773,80	12,4	84	774,35	8,0	95	13,5	4,0	Bello	O	
23	774,45	7,8	95	774,25	12,0	88	773,40	13,6	85	762,60	8,4	96	14,0	3,0	Nubi sparse	O	
24	771,40	10,8	94	771,65	13,4	85	771,10	14,0	83	770,35	9,4	90	14,0	6,0	Nubi sparse	O	
25	769,80	10,8	93	769,20	13,6	83	768,60	13,4	82	768,30	10,0	93	14,5	6,5	Nubi sparse	O	
26	768,50	10,2	95	768,40	14,0	83	767,50	14,2	84	767,30	10,6	93	14,0	7,0	Nubi sparse	E - SE	
27	768,15	10,0	97	767,75	13,4	86	766,50	13,8	84	766,65	10,0	93	15,0	6,0	Bello	SO	
28	767,60	13,0	86	767,35	16,2	76	767,10	17,2	69	767,60	12,2	86	15,0	6,0	Con qualche nuvolo	SE	
															Nota. *Da questo mese in poi il termometro a minima è di R. e le medie sono ridotte in centigradi.*		
1	761,19	+ 8,5	91	760,04	+ 11,2	84	760,77	+ 11,5	83	760,83	+ 8,1	89	+ 11,8	+ 5,5	. . Media dal 1.° al 10 + 9,8	Pioggia in cent.	
2	762,30	5,8	86	764,24	10,3	77	761,92	10,2	75	762,04	6,7	85	10,4	4,2	. . Media dagli 11 ai 20 11,7	Terraz. 1,08	
3	770,66	10,0	93	770,65	13,0	84	762,51	13,9	81	768,78	9 8	92	14,1	6,5	. . Media dai 21 al 31 12,5	Campan. della Primaz. 0,44	
	764,72	8,1	90	764,98	11,5	82	761,73	11,9	80	763,88	8,2	88	12,1	5,4	. . . Media del mese + 11,3		

Anno IV. 1846. *Marzo-Aprile*

CIMENTO

GIORNALE

di

FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

COMPILATO

DAI PROFESSORI

MATTEUCCI, MOSSOTTI, PACINOTTI, PILLA, PIRIA,

SAVI PAOLO e SAVI PIETRO

Provando ed osservando

Pubblicato il 1.° Giugno.

Pisa 1846

Dalla Tipografia di Marco Vannucchi

Piazza S. Frediano n.° [illegible]

SOMMARIO

MOSSOTTI. Comunicazione di Fisica-Matematica al Congresso di Napoli . . . . . pag. 97
CIMA. Applicazione della corrente elettrica alla terapeutica, e modo d'agire della medesima . . . . . » 106
PACINOTTI e GALLI. Esperienze dirette a determinare la legge del moto dell'acqua negli strati prossimi al foro dell'efflusso . » 117
MATTEUCCI. — Sullo stato dei coibenti, sia interposti a due conduttori carichi di elettricità contrarie, sia in presenza di una scarica elettrica . . . . . » 153
FELICI. Nota sulla termo-elettricità del mercurio » 165
OHM. Teoria del circuito Galvanico . . . . . » 166
NOTIZIE SCIENTIFICHE. Faraday, ricerche sperimentali sull'elettricità . . . . . » 184
— *Mialhe*, fisiologia sperimentale . . . . » 186
— *Villefranche*, differenza nei fenomeni della digestione e della nutrizione fra gli erbivori e i carnivori . . . . . » 187

AVVISO

MEMORIE DA PUBBLICARSI NEL FASCICOLO DI *MAGGIO-GIUGNO*

che verrà in luce nei primi giorni di Luglio.

PILLA. Alcune osservazioni circa la dottrina delle *Cause geologiche attuali*, esposta dal Sig. Lyell ne' suoi *Principi di Geologia* . »
MATTEUCCI. Sulla contrazione indotta . . . . »
FELICI. Relazione delle recenti esperienze, fatte per derminare l'influenza dei moti vibratorj sullo sviluppo delle correnti elettriche »
OHM. Teoria del circuito galvanico (*Continuazione*).

Comunicazione sopra alcuni argomenti d'Acustica e d'Ottica-fisica

fatta alla VII Riunione Italiana dei cultori delle Scienze Naturali,

DA O. F. MOSSOTTI.

Coll' occasione che mi viene concesso l'onore di presentare a questa Sezione una Memoria ora venuta alla luce (1), il cui sunto fu già il soggetto di una mia comunicazione al Congresso di Lucca, mi permetterò d'esporvi alcune riflessioni, le une risguardanti il fenomeno che ha servito all' analisi matematica dello spettro solare esposta nella Memoria che vi presento, le altre spettanti al calcolo di fenomeni dei quali ho trattato nel secondo volume delle mie *Lezioni Elementari di Fisica Matematica*, pubblicato pure in questi giorni (2).

1.° Il fenomeno contemplato nella Memoria offertavi è lo spettro solare che si ottiene coi reticoli di Fraunhofer. La spiegazione che si da nei trattati di Fisica della formazione di questo fenomeno, è quella che l'illustre fisico Sig. Babinet ha esposto nel Tomo XI. *des Annales de Chimie et Physique.* Questa spiegazione, come voi ben sapete, consiste nel considerare le interferenze delle ondulazioni che partono da due fenditure contigue del reticolo, nello stesso modo che si considera la produzione delle frange colle fenditure del Grimaldi, o coi due specchii poco inclinati fra loro del Fresnel. Ciascuna coppia di fenditure del reticolo produce un sistema di

(1) Questa Memoria fa parte del I. tomo degli Annali delle Università Toscana. Pisa coi tipi di C. Nistri.

(2) Lezioni Elementari di Fisica Matematica, Tomo II, Firenze 1843. Coi tipi ed a spese di G. Piatti.

frange, e dalla sovraposizione di tutti questi sistemi che sporgono successivamente un poco gli uni fuori degli altri si fanno nascere gli spettri. Questa spiegazione è però incompleta. Nei sistemi di frange prodotte da due fenditure la luce è sfumata, passa gradatamente dalle linee centrali in cui è massima, dove le onde concordano, alle linee nere nelle quali è minima o nulla, dove le onde interferiscono completamente. Gli spettri formati dallo sporgimento successivo di questi sistemi sovrapposti dovrebbero quindi comparire indefiniti e confusi, se non vi concorresse un altro effetto. Onde le immagini degli spettri riescano bene distinte si esige che i raggi d' eguale refrangibilità o colore formino tante bande definite della stessa larghezza della porzione illuminata del reticolo, similmente a ciò che avviene dello spettro prismatico. Questa condizione si trova appunto verificata anche negli spettri reticolari, ed è singolare il notare che il D. Young avvertì ad essa in una lettera diretta al Sig. Arago, che trovasi nello stesso fascicolo *des Annales de Chimie et Physique*, in cui il Sig. Babinet diede la prima parte della spiegazione del fenomeno. Il Dott. Young non ebbe cognizione, o credè superfluo di far allusione alla parte della dimostrazione considerata dal Sig. Babinet, e gli autori dei trattati di Fisica che hanno scritto dopo non hanno posto mente alla necessità dell' altra parte data da Young. Per ottenere questa seconda parte della spiegazione del fenomeno conviene primieramente avvertire alla circostanza che le fenditure devono essere in gran numero, estremamente sottili ed adiacenti le une alle altre, e quindi ripetere rispetto alla sovrapposizione delle frange risultanti dalle diverse coppie di fenditure gli stessi argomenti coi quali si dà la spiegazione della propagazione, sensibilmente in linea retta, della luce che penetra in una camera oscura da una data apertura (1). Gli stessi argomenti applicati al caso

(1) Vedasi l' art. 2° della Lezione XXVII.

presente ci fanno vedere che la luce d'ogni frangia colorata è soltanto sensibile dove le onde di ciascuna coppia di fenditure sono in una concordanza quasi perfetta, o sia nella contiguità di tutte le linee centrali, le quali prese assieme formano una banda di una larghezza eguale alla parte illuminata del reticolo, e che ad una distanza sensibile dai confini di queste bande colorate, la luce dei diversi sistemi di frange si distrugge per interferenze. La spiegazione completa degli spettri di Fraunhofer, senza il preambolo di queste considerazioni storiche ed analitiche, si trova esposta in un modo conciso, nella Lezione XXIX. del mio corso.

2.° Le altre riflessioni che mi propongo d'esporvi si riferiscono a delle nuove illustrazioni, di punti ancora oscuri di teorie fisiche, che fanno il soggetto di alcune note aggiunte al detto corso delle mie Lezioni. E cominciando dalla prima, spero che in un paese come questo, dove si è conservato ancora in molti il gusto per la sintesi geometrica degli antichi, non sarà discaro che faccia conoscere il tenore di una dimostrazione, condotta in gran parte con questo metodo, per mezzo della quale ho levato una difficoltà che ingombrava la dimostrazione data da Newton, pel valore della velocità di propagazione del suono. Per dare la sua dimostrazione Newton assunse che le molecole dell'aria facciano tutte delle vibrazioni colla stessa legge di quelle dei pendoli cicloidali, cioè che le velocità con cui le molecole oscillano siano quelle che competerebbero ad un punto che fosse successivamente su d'un diametro la projezione di un'altro punto che percorresse con movimento uniforme la circonferenza. I Bernoulli, Cramer, Lagrange trovando che la dimostrazione di Newton applicata ad altre specie di vibrazione conduceva allo stesso risultamento pel valore della velocità di propagazione del suono, dichiararono la dimostrazione di Newton inconclu-

dente. Lagrange però s' avvidde in seguito dell' insussistenza di questa critica, e riconobbe che l' arbitrarietà della specie di vibrazione corrispondeva all' esistenza delle funzioni arbitrarie che contiene l' integrale dell' equazione di second' ordine a differenze parziali che la Dinamica somministra per la teoria del suono. Quest' eminente Geometra passò quindi a provare (1), che la dimostrazione di Newton è vera e sussistente anche quando si lasci arbitraria la curva ausiliaria in cui dovrebbe muoversi il mobile, che colle sue projezioni sull' asse rappresenta il luogo della molecola vibrante.

Ma un' altra obbiezione elevò contro quella dimostrazione. Egli osservò che alla fine della vibrazione la velocità della molecola aerea diveniva bensì nulla, ma che la forza acceleratrice era nello stesso tempo al suo massimo. La molecola non potrebbe quindi rimanere ferma nel luogo ove fosse giunta, ma dovrebbe retrocedere facendo una seconda oscillazione retrograda, poi una terza diretta, e così di seguito; talchè cessando il corpo sonoro di eccitare delle nuove vibrazioni, la colonna aerea continuerebbe ciò non ostante a vibrare da se medesima, ed il suono si prolungherebbe ancora per del tempo, il che è contrario all' esperienza, la quale ci mostra che appena sono sospese le vibrazioni del corpo sonoro, il suono cessa. Quest' osservazione ci prova che non tutte le curve possono assumersi per la projettante de' luoghi della molecola aerea, onde la teoria sia in completa corrispondenza coi fenomeni. Ho trovato che la curva che in ordine di semplicità più conviene all'oggetto è la cicloide di Galileo, nella quale lo stesso punto generatore è quello che rappresenta colle sue projezioni sulla direttrice il luogo di una molecola aerea, che oscilli. L' impulsione del corpo vibrante spinge avanti a sè tutta la colonna d' aria di uno

(1) Mémoires de l' Academie de Berlin an. 1786.

spazio eguale alla lunghezza della sua vibrazione, e questa lunghezza è quella della direttrice della cicloide. Ciascuna molecola percorre colla sua vibrazione questa lunghezza, ma non lo fa con movimento uniforme; essa oscilla intorno al suo luogo medio, che può essere rappresentato dalla projezione del centro del circolo generatore, in modo che nel primo quarto di vibrazione resta in ritardo, nel secondo quarto s' accelera e raggiunge il luogo medio, nel terzo quarto lo avanza, indi nell' ultimo quarto si ritarda e viene alla fine della vibrazione a coincidere col luogo medio, giungendovi con una velocità evanescente. Come si trova che in questo movimento alla fine della vibrazione anche la forza acceleratrice è nulla, la molecola non ha più tendenza a muoversi, a meno che il corpo sonoro continuando ad oscillare non faccia una vibrazione retrograda per dar luogo alla colonna aerea di seguirlo con una vibrazione simile. Conservando così la semplicità della dimostrazione di Newton il problema si trova risoluto in un modo esente dalle difficoltà opposte, e la soluzione gode di quella nitidezza ed evidenza che sono caratteristiche dei procedimenti sintetici. Siccome ogni vibrazione del corpo sonoro, o di una molecola aerea, di qualunque specie essa sia, può sempre decomporsi in una serie di vibrazioni della specie di quelle che ora abbiamo definito (1), i periodi delle quali siano dei submultipli successivi della durata della vibrazione risultante, e come la velocità di propagazione di queste vibrazioni è indipendente alla loro durata, e viene ad essere la medesima per tutte, così esse anderanno propagandosi tutte unite insieme, e la vibrazione risultante si propagherà indivisa colla stessa velocità. È noto che la velocità

(1) Prenderò ques' occasione per correggere un' invertenza della pag. 265 delle Lezioni Elementari ec. sopra citate, ove vien detto *della specie di quelli che Newton ha supposti* invece di dire *della specie di quelli che abbiamo definito.*

che si deduce da queste considerazioni è quella che acquisterebbe un grave cadendo da una altezza eguale alla metà di una colonna omogenea di aria, il cui peso equilibrasse la propria elasticità quando si venisse a comprimerla senza che avesse tempo a disperdere alcuna parte del suo calorico.

3.° Il punto d'ottica fisica su cui ora vado a chiamare la vostra attenzione versa sopra una singolarità che presentano le interferenze della luce polarizzata, e la cui spiegazione è di un'importanza vitale nella teoria fisica delle ondulazioni. È noto che due porzioni d'uno stesso raggio di luce naturale, venendo separate, e ricondotte a passare per lo stesso punto dello spazio, dopo aver percorso dei cammini di lunghezza un poco diversi, interferiscono fra loro, e producono delle frange. Ma se le due porzioni in cui viene diviso il raggio di luce naturale si trovano polarizzate ad angolo retto fra loro, come succede quando si divide un raggio naturale con un cristallo birifrangente, allora esse, incontrandosi di nuovo, non interferiscono più, o non producono più frange, il che si spiega dicendo che la polarizzazione consiste nel rendere tutte le vibrazioni degli atomi d'etere parallele ad uno stesso piano, per cui quelle di due raggi polarizzati in piani perpendicolari fra loro non sono più in istato di alterarsi reciprocamente nelle respettive loro direzioni. Sino a qui la spiegazione è semplice e persuasiva, ma proseguendo gli esperimenti si presenta un fatto che pare in opposizione con essa. Quando si separa di nuovo da ciascuno di questi due raggi polarizzati una seconda porzione, e le due porzioni separate siano in qualche modo condotte ad uno stesso piano di polarizzazione, e poi fatte passare per uno stesso punto dello spazio con breve differenza di cammino, l'interferenza non succede ancora, malgrado che le vibrazioni di ciascuna porzione siano ora tutte operate nello stesso piano. Questa singolarità scoperta da Fresnel ed

Arago (1), somministra un principio di frequente applicazione nella teoria de' fenomeni ottici, e come non è ancora stata esposta una spiegazione sufficientemente sviluppata e completa di essa, ne ho fatto il soggetto di una Nota per supplirvi.

Per darsi ragione della singolarità di cui si tratta conviene prima di tutto dipingersi nella mente lo stato rapido d'agitazione in cui devono essere le molecole della superficie di un corpo che ci appare luminoso. Si è dedotto dall'osservazione che le vibrazioni luminose di maggior durata sono tuttavia tanto brevi che se ne fanno all'incirca 480,000,000,000,000 in un secondo di tempo. In questo rapido e variabile agitamento delle molecole del corpo luminoso devono crearsi ad ogni istante dei nuovi sistemi d'onde, i primi devono estinguersi per essere sostituiti da altri, e un raggio di luce naturale deve considerarsi come risultante dal concorso di un numero estremamente grande di sistemi d'onde che succededonsi gli uni agli altri, fanno sì, che la composizione del raggio varii ad intervalli impercettibili di tempo.

Per fissare le idee possiamo supporre che ad ogni bilionosimo di secondo un nuovo sistema di ondulazioni si sostituisca al precedente, il che verrebbe a dare ad ogni sistema un periodo di circa 500000 vibrazioni. Quando vengono separate due porzioni di luce naturale da uno stesso raggio e poi riunite, con piccola differenza di cammino, in uno stesso punto, i cambiamenti che avvengono nell'una succedonsi contemporaneamente anche nell'altra, esse concordano o discordano perpetuamente, eccetto il tempo necessario a percorrere la piccola differenza de' loro cammini, il qual tempo essendo tutt'al più di una cinquemilessima parte

(1) Supplement à la traduction francaise du Systeme de Chimie par Th. Thompson, pag. 102.

di un bilionesimo di secondo, produce un'effetto tanto breve che sfugge alla percettibilità dell'occhio. In questo caso vi sarà dunque interferenza continua come mostra l' esperienza.

Invece di essere due porzioni di luce naturale quelle in cui viene diviso il raggio, consideriamo ora due porzioni dello stesso raggio che siano state polarizzate ad angolo retto fra loro. Noi sappiamo che in questo caso le vibrazioni componenti in ciascun piano sono riducibili ad una sola: ciascuna delle due vibrazioni risultanti varierà però, tanto di fase che di periodo ad ogni bilionesimo di secondo, nella nostra supposizione, e quella in un piano varierà in modo differente da quella dell' altro piano. Si separi ora da ciascuna di queste due porzioni polarizzate un nuovo raggio, ed i due raggi ottenuti, condotti in qualche modo ad uno stesso piano di polarizzazione, siano fatti passare per uno stesso punto dello spazio con breve differenza di cammino; come le vibrazioni dell' uno si faranno ad ogni bilionesimo di secondo con fasi diversamente variabili di quelle dell' altro, essi non potranno mai concordare o discordare che casualmente per qualche istante d' insensibile durata. Il punto di concorso sarà quindi illuminato ed oscuro un gran numero di volte nel tempo che l' occhio esige per percipere la luce, e non potendo scorgere in esso oscurità permanente per un tempo sensibile, non potrà riconoscere interferenza alcuna.

Si troverà nella Nota citata, l' analisi applicata a questi principii, e la deduzione completa dei fenomeni d' interferenza della luce polarizzata.

4.° Vi tratterrò per ultimo con alcune poche parole sopra la spiegazione di un fenomeno, la quale è stata succintamente indicata dal precitato Dott. Young (1), ma che, forse per non essere stata abbastanza apprezzata, stante

(1) Philosophical Transactions, 1804.

la brevità del cenno, manca ancora nei Trattati di Fisica, benchè in varii di essi si faccia menzione del fenomeno con meraviglia. Il fenomeno di cui parlo è l' apparizione degli archi sopranumerarii dell' Iride. È stato osservato da Langwith, da Duval, da Boscowich e da molti altri che talvolta fra l' arco primario e secondario dell' iride si scorgono più archi composti di diversi colori, ai quali si è dato il nome di archi *sopranumerarii*. Questi archi sono propriamente delle frange prodotte per interferenze. Ognuno sa che l' arco primario appare in virtù dei raggi detti efficaci, che sono quelli che cadono su quel tal punto di ciascuna goccia d' acqua pel quale la deviazione della direzione del raggio emergente dal raggio incidente è massima. I raggi che cadono su dei punti delle gocce che sono al di quà ed al di là del punto appartenente ai raggi efficaci devono dunque sortire con una deviazione minore, ed è facile il concepire che si troveranno comunemente due raggi, uno che caschi da una parte, l' altro dall' altra parte del detto punto in ciascuna goccia, pei quali la deviazione sia eguale. Questi raggi quantunque sortiti da due punti diversi della goccia, possono per la piccolezza della medesima, e per la grande distanza a cui è dall' osservatore, considerarsi come paralleli e capaci di concorrere nell' occhio a produrre un' immagine, ma come uno ha percorso nel traversare la goccia un cammino diverso dall' altro, essi dovranno interferire e produrre delle frange a seconda dello stato di concordanza o discordanza con cui giungono all' occhio. Onde il fenomeno prenda l' aspetto di archi concentrici con un asse diretto al cielo in un punto opposto al sole, si esige che i raggi d' egual colore sortino dalle gocce tutti egualmente inclinati al detto asse, pel che conviene che tutte le gocce siano d' egual diametro, ciò che spiega come questo fenomeno si presenti di rado. Ma la parità di circostanze in cui si formano le

gocce può essere causa varie volte che tutte le gocce riescano eguali, ed allora il fenomeno si manifesta. Il calcolo applicato ad una apparizione di questi archi sopranumerari, delle quali si ha una descrizione completa data da Langwith, prova infatti che la legge osservata delle larghezze e colori di quegli archi competerebbero a delle sferette acquee tutte del diametro di $^1/_3$ di millimetro.

Ho creduto bene di esporvi queste riflessioni storiche ed illustrative di alcuni punti di teorie fisiche alle quali parmi d'aver dato compimento nel volume citato, per darvi una dimostrazione del mio ossequio, e per sottoporle alla vostra considerazione.

Applicazione della corrente elettrica alla terapeutica, e modo d'agire della medesima.

Lettera del Dott. Antonio Cima, *Prof. di Fisica nella R. Università di Cagliari al Prof. Matteucci.*

Non credo farvi cosa ingrata intrattenendovi intorno ad alcune applicazioni che ho fatte della elettricità alla terapeutica da un'anno in qua, da che mi trovo nuovamente in patria.

Questo Gabinetto di Fisica possiede una bellissima macchina elettro-magnetica di Clarke, costrutta a Torino dal bravo macchinista il Sig. Jest. I cinque pezzi di acciajo calamitato a ferro di cavallo, che ne formano il magnete fisso, sono dello spessore ciascuno di 12mm, di 45mm di larghezza, così che tutto il magnete ha lo spessore di 60mm; il filo poi di ciascuna delle spirali è lungo 400 metri ed è del diametro di 0mm,2 circa.

Di questa macchina mi sono costantemente servito per applicare la corrente elettrica in varj casi di paralisi di senso e di moto, stabilendo la comunicazione ad ogni mezzo giro solamente dell'elettro-magnete, onde ottenere una corrente diretta sempre nello stesso senso. Non starò

ad esporvi tutte le precauzioni usate nell' applicare questo mezzo terapeutico nei primi giorni della cura, nè starò a descrivervi giorno per giorno l'andamento delle malattie sottomesse al trattamento elettrico; solamente vi dirò come abbia sempre principiato dall' applicazione di correnti rese meno intense, sia col moderare la velocità di rotazione dell' elettro-magnete, sia coll' applicare delle ancore di ferro dolce più o meno grandi ai poli del magnete fisso.

La prima cura che intrapresi con codesta macchina la feci su d' un giovine soldato il quale rimase paralitico al braccio sinistro, dietro una fucilata che gli toccò nella regione del plesso brachiale sinistro. Allorquando mi venne presentato quest' ammalato la ferita era perfettamente cicatrizzata, ma il braccio era atrofico e non ostante la cura fattagli precedentemente colla noce vomica, era inabile a qualunque benchè menomo movimento. Intrapresi questa cura con poca speranza di buon successo, stante la quasi certezza in cui ero, che i nervi che dal plesso brachiale si distribuiscono ai muscoli del braccio e della spalla fossero alterati nella loro organizzazione. Dovetti tuttavia ben tosto ricredermi, e dopo otto giorni di trattamento elettrico si cominciò ad osservare qualche movimento nelle dita della mano. Poco per volta (continuando sempre l'applicazione della corrente elettrica) riacquistarono il moto tutti i muscoli della mano e dell' avambraccio, indi quelli del braccio e della spalla. Il trattamento elettrico durò per tre mesi e più. Da cinque mesi in quà fu quel giovine nuovamente giudicato abile al servizio militare.

L' altro caso di felicissima riuscita dell' applicazione della elettricità alla paralisi, l' ebbi ad osservare in una giovine, la quale, dietro una emiplegia, che soffrì due anni addietro, e che venne convenientemente trattata, rimase priva affatto di movimento nel pollice, nell' indice e nel medio della mano destra. In questa giovine di ottima costituzione e sana del resto, gli effetti sa-

lutari dell' elettrico si manifestarono fino dal primo giorno del trattamento. Dopo 150 a 200 passaggi interrotti della corrente cui fu sottoposta nella prima seduta, piegò benissimo l'indice ed il medio. La cura non durò che otto giorni, in capo ai quali si trovò essa perfettamente guarita.

Un giovine calzolajo fu il soggetto della terza cura elettrica. Costui addormentatosi, appoggiata la testa sulla mano sinistra, si svegliò colla mano intormentita e priva di movimenti, specialmente nella regione del carpo. Questo stato durava già da una ventina di giorni, quando mi venne egli indirizzato. Dopo una quindicina di sedute, in ciascuna delle quali non si faceva passare meno di 200 a 300 volte la corrente interrotta per il membro paralitico, riacquistò perfettamente il movimento dei muscoli della mano.

Mi occorse anche un caso di semplice mancanza di senso o dirò paralisi di senso. Il soggetto di questa cura fu un giovine ufficiale cui erano rimaste insensibili le tre prime dita della mano sinistra, dietro una affezione reumatica di tutta la corrispondente estremità superiore cui andò precedentemente soggetto. Sottoposto all'azione della elettrica corrente andò riacquistando gradatamente la perduta sensibilità; ma questo miglioramento veniva di quando in quando alterato dalla ricomparsa di qualche picciolo dolore del membro intiero. Questo fenomeno mi occorse osservarlo altre volte, e fu la cagione per cui alcuni altri ammalati meno coraggiosi, non vollero sottomettersi più al trattamento elettrico dopo la terza o quarta seduta.

Questi sono i casi che posso contare come felicemente riusciti; mentre nessuna utilità ebbi dall' applicazione della corrente elettrica anche a lungo protratta, in tre individui affetti da emiplegie. Erano queste emiplegie rimaste dietro apoplesie fortissime, dipendenti perciò da affezioni del cervello e del midollo spinale, e congiunte a lesione più o meno grave della facoltà della loquela. Un lungo

trattamento elettrico non produsse in questi ammalati il benchè menomo miglioramento.

Ora se dovessi trarre una conseguenza da tutte le precedenti osservazioni, potrei stabilire che la corrente elettrica giova nella paralisi di senso e di moto, dipendente da affezioni locali, in individui sani del resto, e che invece non somministra un utile mezzo terapeutico nelle circostanze in cui la deficienza di senso e di moto deriva da affezione dei centri nervosi.

Questa conseguenza derivata da così piccolo numero di fatti, benché non voglia darvela per generale, può bensì spiegare la contrarietà di opinioni che regnano nella medicina, intorno agli effetti terapeutici dell' elettrico, per cui molti lo decantano come un medicamento utilissimo, altri lo riguardano come pressochè inutile. La poca utilità della corrente elettrica nelle malattie del cervello e dei grandi centri nervosi, ove non si voglia far dipendere dalla natura delle affezioni stesse e dalla maggior profondità del processo morboso, potrebbe derivare dalla impossibilità di poter far passare la corrente elettrica nel parenchima degli organi suindicati. Operando su d'un' animale vivo ed intatto e alla solita maniera colla quale si applica essa nell'uomo, i muscoli conducendo meglio che i nervi, non farà meraviglia se la corrente scorra a preferenza per la via di quelli senza che passi per il midollo spinale o per i grandi tronchi nervosi, allorquando si applicano i due reofori a due diversi punti della colonna vertebrale. Nè credo sia il caso di poter ricorrere a corrente derivata o a corrente indotta nei grandi tronchi nervosi e nel midollo spinale dalle correnti dell' elettro-motore che passano per il sistema muscolare nel comun modo di operare. Questo fatto contradetto dalla mancanza di tutte le necessarie condizioni per realizzarsi nel corpo animale, lo reputo affatto inammissibile dietro le sperienze che passo ad esporvi.

Ho fatto passare la corrente d'una piccola pila alla

Wollaston di 8. elementi per il corpo di una rana, mettendo uno dei reofori a contatto di una delle estremità superiori, l' altro a contatto dell' estremità posteriore corrispondente. Il cervello e l'estremità della midolla spinale da cui partono i nervi che vanno alle membra posteriori erano stati preventivamente messi allo scoperto e ben lavati con un piccolo getto di acqua distillata. Nel mentre che passava la corrente per il corpo del ranocchio, applicai con tutte le richieste precauzioni le estremità in platino del filo galvanometrico sul cervello e sull'indicata porzione del midollo spinale, e non ebbi alcuna deviazione dell'ago, allorchè l'esperimento era ben fatto. Lasciando le estremità del galvanometro a contatto del cervello e del midollo spinale interruppi e ristabilii a più riprese la comunicazione della pila col corpo dell' animale; anche in questo caso nessun segno di passaggio di corrente per il filo dell' istromento. Ripetei questa stessa sperienza servendomi d' un pollo e d' un coniglio; ma l' esito fu sempre l' istesso.

Sopra un'altro coniglio potei isolare con grandissima pena un certo tratto del nervo gran-simpatico. Sopravvisse egli pochi minuti a questa operazione, resa forse maggiormente straziante dalla mia mano poco abituata alle vivisezioni. Operando su quel nervo, come operai innanzi sul cervello e midollo spinale, non ebbi indizio alcuno di corrente al galvanometro mentre la corrente della pila passava per il corpo dell' animale.

Questi risultamenti sperimentali se ci conducono a stabilire che mentre una corrente elettrica scorre per i muscoli di un animale, nessuna corrente indotta o derivata passa per i grandi tronchi e centri nervosi, non ci porterebbero a conchiudere a *priori* che nelle affezioni di quei tronchi e di quei centri debba riescire *sempre* inutile l'applicazione della elettrica corrente, come infatti mi riesci inutile nei citati tre casi di emiplegia. Non credo debbansi perdere di vista le azioni riflesse che succedono nei

grandi centri nervosi, allorchè la corrente agisce sui nervi periferici. Queste azioni riflesse devono necessariamente produrre una modificazione particolare nei centri stessi; e nessuna ragione abbiamo su cui appoggiarsi per istabilire che questa sola modificazione è in tutti i casi insufficiente ad operare il riordinamento delle funzioni di quelli organi, ed avece esser necessario che la corrente passi proprio per il parenchima loro.

Fin dal primo momento che mi determinai ad intraprendere qualche cura elettrica, volli essere informato di quanto alcuni dei più accreditati trattatisti di materia medica hanno scritto intorno al modo di agire della elettricità sul corpo umano. Fra gli altri mi venne alle mani il *Trattato filosofico-sperimentale dei soccorsi terapeutici del Prof. Giacomini.* Quest' opera, per molti riguardi degna di fissare l' attenzione dei dotti, non và però scevra di parecchi errori, per quanto riguarda l' uso terapeutico e il modo d' agire della elettricità nel corpo umano; e non sarebbe male che i giovani medici conoscessero quelli errori, onde persuadersi che le cognizioni che riflettono alle dottrine fisiche le devono attingere a tutt' altra fonte che a quella delle opere di medicina.

L' amor di sistema che domina in pressochè tutte le opere mediche si estende a tale che i loro autori stravolgono spesso i principj i meglio stabili delle *scienze* così dette *accessorie*, cui per altro è duopo ricorrano se vogliono far progredire la scienza loro. Chi per poco contrapponga il modo circospetto con cui un fisico ed un chimico usano dell' argomento d' induzione, al procedere avventato nel trarre delle conclusioni, proprio di alcuni scrittori di medicina, chi per poco rifletta alla smania di questi di voler spiegare ogni fenomeno il più complesso, il più astruso, colla riserbatezza a questo proposito dei fisici e dei chimici, conoscerà di leggieri la ragione del reale progresso della fisica e della chimica, e dell' effime-

ro avanzamento della patologia, nonostante i nobili sforzi di tanti chiari ingegni che la coltivano. La maggior parte degli autori di opere mediche dei nostri tempi cocoscono oramai il bisogno di ricorrere ad ogni passo, a quelle scienze che invece di *accessorie* dovrebbero chiamarsi *fondamentali*; ma il più spesso considerano i fatti che attingono alle medesime isolatamente dal restante di quelli che formano il corpo di una data dottrina fisica e chimica; si sforzano di adattarli a un sistema già stabilito e quindi ora sono costretti a spiegarli in un modo diverso da quello che li spieghiamo noi, ora a svisarli, a torturarli, a mutilarli.

Una prova manifesta di questa falsa via tenuta dai patologi nei servigi dei lumi che ad essi somministra la fisica, ce la dà il Prof. Giacomini nell' articolo della precitata sua opera, relativo agli effetti della scossa e della corrente elettrica nelle malattie. Dopo aver egli confessato che delle tante storie pubblicate dai diversi medici intorno all'uso vantaggioso della corrente elettrica, non si può venir a capo a conoscere quale era la natura di esse malattie, dice esser costretto a presumerla dall' esame delle circostanze che le accompagnavano. E queste circostanze lo portano a « conchiudere, che le correnti elettriche « si sono mostrate efficaci a debellare quelle malattie flo- « gistiche del cervello, della midolla spinale e dei nervi « cerebro-spinali e delle capsule sinoviali e delle membra- « ne sierose che sono di natura infiammatoria, in parte già « rintuzzata dalla flebotomia o da altri mezzi di analoga « azione. Si verrebbe adunque a dire con ciò che le cor- « renti elettriche esercitano un potere ipostenizzante o « sottostimolante » (opera cit. ediz. di Padova del 1844. tom. 5.° pag. 552. e seg.).

Quanto ebbi ad osservare intorno all' utilità ed inutilità della corrente elettrica nell'uso terapeutico mi condurrebbe ad una conclusione diametralmente opposta a quella che

stabilisce il Prof. Giacomini. Nei pochi casi che vi ho riferito e nei quali ho trovato utile l'applicazione dell'elettricità non eravi il benchè menomo sospetto di flogosi; mentre al contrario nei tre casi ultimi in cui nessun frutto trassi da quel trattamento l'ebbi a fare appunto con malattie del cervello e del midollo spinale o prodotte od accompagnate da flogosi non del tutto vinta, a giudizio dei medici che curavano quei malati. Le mie osservazioni a questo proposito sono poche come vedete, nè voglio dalle medesime trarre una conseguenza precipitata; ma siccome non sono state fatte sotto l'influenza di nessun sistema medico, sono tali, almeno io le considero così per mia norma, da mettervi in guardia contro le asserzioni del Professore di Padova.

Il potere ipostenizzante intanto attribuito dal Sig. Giacomini alla corrente elettrica nel citato passaggio della sua opera è in opposizione a quanto egli stesso aveva precedentemente ammesso intorno al modo di agire dell'elettricità nel corpo animale, e però è costretto a ricorrere ad una congettura che non può in modo alcuno sussistere. Le guarigioni ottenute colle correnti elettriche sono da ascriversi a detto del Giacomini, ad una sottrazione di elettricità. Nelle malattie infiammatorie, come egli crede, nelle quali ha giovato la cura elettrica, v' ha coll'aumentato afflusso di sangue e coll'aumento di calorico un accumulamento di elettricità in stato di tensione « e supponiamo « dice il Prof. Giacomini, che la corrente elettrica, la quale passa per quei tessuti, trascini seco e disperda l'elettricità che ivi era accumulata . . . . e che una corrente elettrica possa disperdere l'elettricità, che fosse « in istato di tensione nei corpi per i quali passa, non vi « ha ostacolo ad ammetterlo sapendo noi che anco le calamite sotto le correnti elettriche e sotto il fulmine perdono il loro magnetismo e talvolta perfino ne invertono i poli » (tom. cit. pag. 554 e 555).

Che vi possa essere un maggior sviluppo di elettricità in una parte infiammata, lo credo dietro il fatto da voi ebne dimostrato, che in animali i cui muscoli sono infiammati e zeppi di sangue, la corrente muscolare si manifesta più intensa: ma che possa accumularsi e mantenersi in stato di tensione in una parte infiammata, circondata da tessuti che più o meno facilmente conducono l' elettrico, a contatto di liquidi buoni conduttori, di gas che sono ben lungi dal trovarsi al massimo di secchezza, questo è ciò che non posso indurmi a credere. E poi se si trattasse di dover sottrarre l' elettricità eccedente in quei casi morbosi succitati, non sarebbe egli conforme a tutti i principj della scienza mettere in comunicazione col suolo la parte affetta per mezzo di un conduttore metallico, ove il corpo stesso dell' ammalato non si reputasse in ciò sufficiente? Conoscete voi nessun fatto in fisica il quale ci autorizzi a dire che l' elettrica corrente la quale passa per un corpo trascini seco, disperda l' elettricità che si può trovare in stato di tensione nel corpo stesso? Avreste mai creduto che dopo la bella teoria di Ampère potesse mai venire addotta come prova di questa *dispersione* dell' elettricità, la perdita del magnetismo e l'inversione di poli in una calamita nella quale siasi fatta passare una energica corrente elettrica, o sia stata fulminata?

Il Prof. Giacomini prima di accingersi a dimostrare che alla sottrazione dell' elettricità devesi l' utilità della corrente elettrica nelle suaccennate malattie, si sforza a persuaderci come non debbasi invece alla presenza ed al passaggio di codesta imponderabile nel corpo dell' ammalato. » Non devesi alla presenza dell' elettricità dice egli « (tom. cit. pag. 553. 554.), perchè nelle correnti elet- « triche, l' elettricità non si ferma nei corpi per i quali » tragitta. Non devesi all' urto meccanico, perchè que- « st' urto sarebbe più atto ad accrescere che a vincere la

« malattia flogistica. Quest'urto d'altronde è troppo pas-
« seggiero e troppo fuggitivi sono i suoi effetti anco nel-
« l'uomo sano per crederlo capace di dissipare delle affe-
« zioni ordinariamente ostinate o refrettarie, come sono
« quelle di cui ci occupiamo ».

Ma la prima e l'ultima di queste tre proposizioni sono in manifesta contradizione con tutte le proprietà più generalmente note della corrente elettrica. Sembrerebbe che il Prof. Giacomini volesse confondere un fluido rapidissimo nella sua azione come è l'elettrico, potente a produrre gli effetti i più sorprendenti e permanenti in un tempo infinitamente piccolo, colla azione di un cataplasma o di un cerotto i quali devono restare delle ore applicati sulla parte ammalata, perchè ne facciano vedere i loro effetti salutari. Se avesse egli considerato che la corrente elettrica produce l'incandescenza, la fusione dei metalli i più rafrattarj, che scompone le combinazioni restie a tutti gli altri mezzi, attualmente posseduti, e che dà luogo a questi effetti senza che *si fermi nei corpi per i quali passa*; se avesse tenuto conto di quanto dice il Faraday sulla quantità enorme di elattricità che si sviluppa nella decomposizione di un solo atomo di acqua, benchè tutta non circoli per il corpo conduttore che unisce i due poli della pila, sarebbe stato avvece condotto ad ammettere che la velocità con cui l'elettricità passa per il corpo animale, il *non fermarsi* in esso, non può essere una buona ragione per dire che non è capace di produrre degli effetti permanenti nel corpo stesso; avrebbe riconosciuto che la grande quantità di elettricità che scorre in un tempo infinitamente piccolo per il corpo che le serve di conduttore, compensa benissimo la piccola durata della sua presenza in esso corpo.

Fintantochè le leggi della organizzazione e della vita non ci siano meglio note, non potremo indipendentemente dalla quantità maggiore o minore della elettricità assegnare le

condizioni le quali rendono ora fuggitivi, ora permanenti, gli effetti di questo agente nel corpo animale, e però non potremo con fondamento alcuno asserire che l'azione diretta della corrente, o ciò che il Prof. Giacomini chiama *urto* sia incapace a dissipare affezioni ostinate e refrattarie. E che sappiamo forse in che consiste quella ostinatezza, quella resistenza presentata da alcune affezioni, massime del sistema nervoso, per dire senza più nè meno, che la corrente elettrica non può vincerla, perchè troppo rapido è il suo passaggio, troppo celere l'urto? E la quotidiana osservazione non insegna forse che l'ostinatezza di certe affezioni dipende meno dalla profondità di ciò che la patologia chiama processo morboso, che dalla male intesa applicazione dei mezzi terapeutici.

Nè mi pare finalmente un giusto ragionare, il dire non doversi la guarigione delle malattie, in cui si è applicata l'elettricità, all'urto meccanico ciò che verrebbe, a dire all'azione diretta di questo agente, « perchè quest'urto sa« rebbe più atto ad accrescere che a vincere le malattie « flogistiche «. Siano pure infiammatorie le malattie nelle quali si è trovata giovevole l'applicazione della corrente elettrica; abbia questa agito sottraendo la elettricità accumulata nella parte ammalata come crede il Sig. Giacomini, avrà perciò la corrente elettrica lasciato di produrre quell'urto meccanico, quella scossa, quella contrazione, quel dolore delle parti per cui passa? E se quest'urto meccanico della corrente è più atto ad accrescere che a vincere le malattie flogistiche, se questo è compagno indivisibile del suo passaggio, non porterà essa un aumento in quelle malattie? Perchè dunque servirsi della corrente elettrica, se alla fin fine non si trattasse che di dover sottrarre l'elettricità eccessiva in stato di tensione negli organi ammalati, mentre questa sottrazione si potrebbe fare con altri mezzi meno dolorosi e più spicci?

Senza il sussidio delle scienze accessorie nessun reale

progresso potranno fare giammai le scienze che si riferiscono alla vita dell'uomo; ma fintantochè i medici si serviranno di queste scienze nel modo che si servì delle attuali dottrine elettriche, in particolare, l'Autore del *Trattato filosofico-sperimentale dei soccorsi terapeutici*, codesto progresso resterà un desiderio, e nulla più.

Esperienze sull'attrito di seconda specie

fatte dal Prof. Luigi Pacinotti *e dal Dott.* Enrico Galli.

Circa le dottrine sul trasporto con vetture, o con locomotive e vagoni si trova la scienza in difetto di dati per calcolare l'attrito tra il cerchio della ruota e il piano sottoposto. Non si ha nei trattati di meccanica applicata un'esatta tavola relativa a quest'attrito che viene detto di seconda specie colla quale si possa calcolare quanto è la resistenza al rotolamento tra certe determinate sostanze. E quello che è di peggio regnano dottrine ed esperienze contradittorie relativamente al rapporto che ha questa resistenza col raggio del cilindro. Il Coulomb dietro pochissime esperienze stabilì che tal resistenza stesse in ragione inversa di quel raggio: lo seguì la gran folla de' meccanici per la ben meritata fiducia che sì illustre fisico si era procurata in tante cose sperimentali, per modo che quando il Dupuit (Essai et experiences sur le tirage des voitures. Paris 1837) volle introdurre l'altra dottrina che l'attrito di seconda specie è in ragione della radice quadrata del raggio del cilindro poco fu creduto. Si aggiunsero a farli opposizione alcuni resultati sperimentali di Morin sulle ruote delle vetture, e perciò Poncelet (Introdution à la mecanique industrielle. Paris 1841), sebbene sparga dubbio sulla teoria di Coulomb propone di ritenerla finchè *esperienze più dirette e preci-*

se abbian tolto interamente l'incertezza che esiste sulla vera legge della resistenza al rotolamento (l. c. pag. 506). Che noi sappiamo nulla è stato di poi fatto su questo soggetto; si è forse maggiormente accreditata la dottrina del Coulomb per avere Arturo Morin ripubblicando nel 1843 la sua opera *Aide Memoire de mecanique pratique* asserito *la résistance opposée par les routes parvées ou en empierrement solide au mouvement des voitures... est sensiblement proportionnelle à la pression et inversement proportionnelle au rayon des roues*. Moltissimo all'opposto preme toglier le incertezze su questo argomento, che compone uno degli elementi necessari a stabilire la miglior forma dei veicoli. Certamente il limite del vantaggio che si ha nell'ingrandire le ruote de vagoni non è lo stesso, dietro la teoria del Coulomb, e dietro quella del Dupuit: nè può questo dato trascurarsi oggi che l'avanzamento delle strade rotaje, di tante speranze per la facilitazione del commercio, si fa dipendere dalla migliore e più studiata costruzione dei vagoni, e delle locomotive. E molto meno credevamo dover tenere occulte queste nostre esperienze perchè come si vedrà ci guidano a dover preferire la opinione del Dupuit a quella del Coulomb, e perciò a quella generalmente adottata. Trattandosi adunque di dover trarre una tal conclusione non abbiam creduto, anche per il dovuto riguardo alle contrarie opinioni, poterci dispensare dalle descrizioni le più minute su metodi d'esperienza, sebbene si tratti di apparati semplicissimi; e molto meno dal riferire genuini ed in gran numero i resultati sperimentali. Divideremo il lavoro in due parti nella prima raccogliendo l'esperienze eseguite su cilindri ben lavorati al tornio che rotolavano sovra piani anch'essi bene addirizzati e livellati; nella seconda l'esperienze fatte sovra piani più o meno levigati e cedevoli, come possono offrire le comuni strade, con ruote tolte da veicoli in uso, e lavorate con meno esattezza, e di dimensioni maggiori, e cerchiate di ferro.

PARTE I.

Ecco il metodo adottato in queste Esperienze. Sopra due regoli di una certa sostanza con due faccie bene spianate, e collocati parallelamente e in modo che queste si trovino in un medesimo e perfetto piano orizzontale mediante il livello a bolla d'aria; abbiamo posato uno dopo l'altro diversi cilindri della medesima o di differente sostanza, come pure di differente raggio, ridotti al tornio, e puliti egualmente che i regoli con molta diligenza; ed abbiamo procurato che l'asse del cilindro, preso in esperimento, fosse esattamente in direzione perpendicolare agli spigoli dei regoli. Al medesimo si è addossato uno o più fili, o cordoncini di seta (secondo il carico che dovevan sostenere), alle cui estremità si sono attaccati dei pesi eguali, che riuniti insieme e al peso del cilindro rappresentano la pressione esercitata da questo sul piano dei due regoli. Aumentando in seguito gradatamente uno dei pesi, finchè non venga impresso al cilindro un movimento lento per quanto può ottenersi, e continuato, abbiamo preso riscontro del pesetto addizionale come esprimente la resistenza d'attrito sotto quella certa pressione. E poichè i resultati, che si ottenevano presentavansi discordi, e molto equivoci, abbiamo creduto necessario istituire più esperienze non cangiando che la sola linea di contatto. Divisa pertanto la base del cilindro in quattro parti, abbiamo voluto sottoporre ad esperimento quattro linee di contatto differente in rapporto alla superficie cilindrica; queste sono inoltre state variate anche riguardo alla superficie del piano. Da tutti i resultati di siffatte ripetute esperienze si è dedotto dei valori medii nel concetto, che siano più meritevoli di fede di quello che potrebbe essere un semplice resultamento dato da una sola esperienza. L'opportunità di questo metodo si sente tanto più, in quanto che i resultati delle singole espe-

rienze si trovano il più delle volte molto differenti. Abbiamo usata eziandio la precauzione di farne un egual numero tanto mettendo in moto il cilindro in un senso, quanto in senso inverso, stantechè così vengono a correggersi gli errori nel supposto che i pesi esprimenti le pressioni fossero pochissimo differenti, quantunque sempre verificati per eguali con la bilancia. Infatti chiamata a quella differenza, e detto p il pesetto da aggiungersi al più grande $P+a$, p' quello da aggiungersi al più piccolo P, e indicato con la x il vero attrito, che non conosciamo (ed ora come innanzi chiameremo impropriamente attrito il pesetto, che vince l'attrito stesso con un braccio di leva eguale al raggio) si avrebbe da una parte sotto la pressione $2P$, $x=p+a$, dall'altra sotto la pressione $2(P+a)$, $x'=p'-a$: ma gli attriti $x\,x'$ sotto le pressioni $2P$ e $2(P+a)$ non possono differire fra loro sensibilmente per la piccolezza di a dunque prendendo la media, otterremo $x=\frac{p+a+p'-a}{2}=\frac{p+p'}{2}$; laonde si desume, che gli errori, in cui s'incorre, prendendo pesi differenti, verranno corretti dalla natura del metodo stesso. Questa cautela, la quale da un lato sembra infruttuosa, perchè abbiamo sempre, come è stato detto pocanzi, eguagliati i pesi con la bilancia, da altra parte offre molto vantaggio, poichè non essendo per lo più omogenei i cilindri, e specialmente quelli di legno, è occorso centrarli con l'aumento di un pesetto nella base, dalla parte più leggera, procurando a tentativi, che essi stessero fermi in qualunque posizione: il che senza tale espediente non era dato ottenere neppure a una intensa pressione. Ora bene s'intende, che questa centrazione riescirà in generale imperfetta, infatti il cilindro può stare in equilibrio in tutte le posizioni, sebbene la direzione della forza del suo peso non passi per l'asse, e ciò avviene ogni qual volta essendoli molto vicino, da quella parte ove si trova rispetto all'asse medesimo dimi-

nuisce l'attrito senza superarlo; onde siamo appunto nel caso dei pesi diseguali.

Un altra cosa non deve passare inavvertita, ed è che abbiam potuto osservare, che lasciando riposare sui regoli per qualche tempo il cilindro già caricato, il pesetto addizionale, che deve aumentarsi fino al punto, da imprimer moto, diveniva tale da motivare nel cilindro medesimo una celerità più grande di quella, che questo avrebbe acquistata con l'adattato pesetto necessario allorchè vi fosse lasciato per pochi istanti. La causa di ciò sembra essere la forza di coesione, l'azion della quale si faccia sentire con maggiore energia fra le particelle della materia, quando maggiore è il tempo, che loro viene permesso per attrarsi le une con le altre. Volendo noi quindi determinare la misura della resistenza d'attrito, come di quel semplice contrasto, che oppongono al moto le piccole prominenze di una superficie incastrate nei piccoli vuoti dell'altra, abbiamo creduto di dovere esperimentare senza dare lungo riposo al cilindro, onde con lentezza fatto rotolare in senso opposto a quello, cui tende il pesetto, finchè non fosse pervenuto al punto dal quale si doveva partire, e quivi trattenutolo in riposo per pochi istanti, l'abbiamo lasciato liberamente esposto all'azione del pesetto addizionale onde scoprire se questo era l'idoneo per una tenue velocità.

Premesse queste avvertenze, passeremo a riportare ordinati in tavole tutti i valori numerici che abbiamo ottenuti, cui sono aggiunti i corrispondenti ridotti a un kilog. di pressione, ritenendo che ogni peso ed ogni lunghezza si riferiscono al kilogrammo, e al metro: inoltre che quelle che qui si dicono resistenze d'attrito sono i pesetti necessarii a muovere i cilindri, quantunque propriamente debbano andar riferiti al medesimo braccio di leva per avere i rapporti delle resistenze stesse.

Prima rammenteremo ancora che dai resultati registrati nelle seguenti tavole non è stato tolto il valore della

rigidezza dei cordoncini di seta, e ciò per due ragioni, l'una perchè per determinarlo conveniva entrare in ricerche piuttosto complicate, l'altra perchè quelli che abbiamo usati essendo di molta flessibilità, non si sarebbe mostrato sensibile questo divario. Daltronde siccome i resultati medesimi dovrebbero ancora essere un poco accresciuti a causa del braccio di leva aumentato dal raggio dei cordoncini, bisognerebbe prendere in considerazione anche questo cambiamento, e così verranno in parte a compensarsi gli errori. Ed all'effetto che possa ciascuno apprezzare in qualche modo le differenze, che produrrebbero queste correzioni, è stato posto nella prima colonna il numero dei cordoncini stessi, non mancando d'indicare nelle osservazioni i loro diametri.

TAVOLA I.

Cilindri d'Abete su regoli dello stesso legno.

Num. dei cordonc.	Raggio dei Cilindri	Pressioni	Attriti Corrispondenti	Attriti per un kilogrammo	Medie per un kilogrammo
	m				
3f	0,0065	0,3	0,00511	0,01703	
5f	0,0065	1	0,01566	0,01566	0,01634
5f	0,0123	1	0,01160	0,01160	
6f	0,0123	2	0,02548	0,01274	0,01217
1c	0,0174	2	0,01986	0,00993	
1c	0,0174	4	0,03732	0,00933	0,00963
1c	0,0242	4	0,03170	0,00792	
1c	0,0242	6	0,04669	0,00778	0,00785
1C	0,0305	6	0,0491	0,00818	
1C	0,0305	10	0,0882	0,00882	
1C	0,0305	14	0,1165	0,00832	
1C	0,0305	18	0,1655	0,00919	
1C	0,0305	22	0,1929	0,00877	0,00865
2C	0,0305	26	0,2856	0,01098	
1C	0,0620	6	0,0335	0,00591	
1C	0,0620	10	0,0633	0,00633	
1C	0,0620	14	0,0822	0,00587	
1C	0,0620	18	0,1148	0,00637	
1C	0,0620	22	0,1483	0,00674	0,00624
1C	6,0620	26	0,1763	0,00678	
1C	0,0895	9	0,03442	0,00382	
1C	0,0895	11	0,04681	0,00426	
1C	0,0895	13	0,05378	0,00414	
1C	0,0895	15	0,05945	0,00396	
2C	0,0895	25	0,11877	0,00475	
1C	0,0895	26	0,12649 (1)	0,00486 (1)	0,00486 (1)
2C	0,0895	30	0,14283	0,00476	
2C	0,0895	33	0,14651	0,00444	
2C	0,0895	45	0,19047	0,00423	0,00429
3C	0,0895	65	0,31514	0,00479	
1C	0,1970	11	0,02930	0,00266	
1C	0,1970	13	0,03907	0,00300	
1C	0,1970	15	0,04284	0,00285	
1C	0,1970	18	0,04660	0,00259	
2C	0,1970	25	0,06836	0,00274	
1C	0,1970	26	0,11320 (1)	0,00443 (1)	0,00443 (1)
2C	0,1970	33	0,09542	0,00289	0,00279
3C	0,1970	65	0,21257	0,00327	
1C	0,2775	18	0,04593	0,00255	
2C	0,2775	25	0,06658	0,00266	
1C	0,2775	26	0,10650 (1)	0,00409 (1)	0,00409 (1)
2C	0,2775	30	0,07713	0,00257	
2C	0,2775	33	0,08136	0,00247	
2C	0,2775	45	0.13035	0,00289	0,00263
3C	0,2775	65	0,20759	0,00319	

TAVOLA II.

Cilindri di pietra della Gonfolina levigati a smeriglio su regoli ruvidi della medesima pietra.

Num. dei cordonci.	Raggi dei cilindri	Pressioni	Attriti corrispondenti	Attriti per un kilogrammo	Medie per un kilogrammo
	m				
1C	0,0316	10	0,0357	0,00357	0,00357
2C	0,0316	16	0,0806 (*)	0,00504(*)	
1C	0,0316	10	0,0422 (*)	0,00422(*)	
1C	0,0316	6	0,0241 (*)	0,00402(*)	
1C	0,0650	10	0,0206	0,00206	
1C	0,0650	22	0,0444	0,00202	0,00204
1C	0,0985	22	0,0378	0,00172	0,00172

I medesimi cilindri su lastre d' ottone ben pulite.

1C	0,0316	4	0,0116	0,00290	
3C	0,0316	10	0,0312	0,00312	0,00301
1C	0,0650	10	0,0218	0,00218	
3C	0,0650	20	0,0486	0,00243	0,00230
1C	0,0985	20	0,0392	0,00196	0,00196

TAVOLA III.

Cilindri d'Abeto su lastre d' ottone ben pulite.

Num. dei cordonc.	Raggi dei cilindri	Pressioni	Attriti corrispondenti	Attriti per un kilogrammo	Medie per un kilogrammo
1f	0,0030	0,05	0,01241	0,02482	0,02482
3f	0,0065	0,6	0,00846	0,01410	
5f	0,0065	1,	0,01507	0,01507	0,01458
2f	0,0123	0,4	0,00370	0,00925	
5f	0,0123	1	0,00879	0,00879	
5f1c	0,0123	2	0,02133	0,01066	0,00956
5f	0,0174	1	0,00792	0,00792	
1c	0,0174	2	0,01654	0,00827	
1c	0,0174	4	0,03045	0,00761	0,00793
1c	0,0242	2	0,01309	0,00654	
1c	0,0242	4	0,02799	0,00699	0,00676
1c	0,0305	5	0,02441	0,00488	
2c	0,0305	9	0,04043	0,00449	0,00468
2c	0,0620	10	0,03795	0,00379	
3c	0,0620	14	0,05743	0,00410	
1C	0,0620	22	0,14482	0,00658	0,00482
3c	0,0975	17	0,05786	0,00340	
1C	0,0975	25	0,07501	0,00300	0,00320
1C	0,1970	29	0,09600	0,00331	0,00331
1C	0,2775	26	0,07080	0,00271	
1C	0,2775	38	0,10202	0,00268	0,00269

Varie cose sono da notarsi sopra i resultati delle precedenti tavole.

1.º Che i numeri della prima colonna appartengono a fili o cordoncini di seta secondochè vanno uniti alla lettera *f* o alla *c*, essendo il diametro del cordoncino eguale a 0m,001 quando la *c* è piccola, ed eguale a 0m,003 quando la *C* è grande.

2.° Che ciascun numero della quarta colonna proviene da otto o sedici esperienze, secondo la diversità che si mostrava nei resultati, eseguite colla semplice variazione della linea di contatto, o del senso del moto ad eccezione dei numeri della terza tavola, dei quali la maggior parte sono stati desunti da quattro sole esperienze, per resultar queste molto regolari.

3.° Che tanto nelle pressioni relative a esperienze su piccoli raggi quanto in quelle su grandi vi è sempre stato incluso il peso del cilindro, poichè per quanto tenue si fosse pei piccoli tuttavia non deve esser trascurato a causa della piccolezza delle pressioni corrispondenti.

4.° Che ne' cilindri di legno le fibre erano in direzione parallela all'asse, e nei regoli in direzione longitudinale in guisa che nel fregamento venivano ad incrociarsi ad angolo retto.

5.° Che nei regoli di legno ciascuna delle due faccie di fregamento, era larga 0m,050, in quelli di pietra 0m,051, nelle lastre d'ottone 0m,056, talchè essendo tanto tenue la loro differenza, volendo stabilire i rapporti degli attriti al variare della sola sostanza, potremo paragonare i numuri delle tavole, quand'anche fosse grande (che d'altronde sappiamo esser trascurabile) l'influenza della maggiore o minore estensione di contatto.

6.° Che i numeri della tavola I. a cominciare dal primo fino a tutti quelli appartenenti al raggio 0m,062 inclusivamente, derivano da esperienze nelle quali si è considerato come equivalente all'attrito quel pesetto, il più piccolo, che nel modo che abbiamo esposto, cioè senza riposo del cilindro, era atto ad imprimere un moto lento, facendogli in seguito percorrere tutta la lunghezza dei regoli. Siccome però abbiamo osservato, che questo moto poteva essere proseguito per un certo spazio ora più ora meno grande, fermandosi il cilindro prima di compire l'intiera lunghezza de' regoli a causa dei tratti delle superficie più scabri, o meno rotondeggianti, ci è sembrato uti-

le far delle esperienze anche sotto questo punto di vista, primieramente perchè in questo caso pure l'attrito deve considerarsi come vinto: in secondo luogo poi perchè così saremmo pervenuti a scoprire, se si verificassero tuttora le leggi esistenti sui resultati delle prime esperienze. I rimanenti numeri contenuti nella tavola I. corrispondono a questo secondo modo d' esperimentare ad eccezione di quei tre distinti col segno [1], che sono stati cercati col primo metodo, perchè non dovendo confondere gli uni cogli altri, attese l'ineguali loro circostanze, nello stabilire la legge relativa al diametro si abbiano dei numeri anche per i tre ultimi cilindri; e di più perchè si possa apprezzare il divario prodotto dalla diversità dei due metodi.

7.° Che avendo scoperto che per ambe le strade, si giungeva alle medesime conseguenze, come vedremo in appresso prendendo in esame i resultati soprascritti, l'esperienze delle altre tavole sono state tutte condotte secondo il primo metodo.

8.° Che le medie per un kilogrammo, incluse nell' ultima colonna, sono state desunte dai numeri della colonna anteriore col mezzo di medie aritmetiche fra quelli corrispondenti al medesimo raggio eccettuando solamente l'ultimo o i due ultimi quando fossero piuttosto grandi in confronto dei superiori. La ragione di ciò è che quei numeri più degli altri si riferiscono a stato diverso delle superfici, che è quello della loro alterazione, come meglio si vedrà in appresso. Nella terza tavola poi destinata particolarmente per la legge dei diametri, avendosi pochi resultati su ciaschedun raggio, le medie per un kilogrammo sono l' esatte medie aritmetiche dei numeri posti di contro, perchè l' aumento dipendente dall' alterazione delle superfici deve pochissimo risentirsi dentro quei limiti di pressione così ristretti; d' altronde totalmente impossibile sarebbe stato decidere fra tanti pochi numeri quale ne fosse l' esuberante. Lo stesso deve dirsi della tavola II.

9.° Che i numeri della seconda tavola indicati (¹) si riferiscono ad un accidentalità, che è stata molto proficua per la conferma della legge dei diametri. Per ora ci limiteremo ad avvertire, che i regoli di pietra essendo molto ruvidi in confronto delle superfici dei cilindri, quello di raggio 0,0316 si è guastato nella superficie sotto la pressione di 16 kilogrammi, talche quei numeri (¹) sono stati ottenuti a superficie alterata nell' ordine, in cui sono scritti; riserbandoci all' opportunità indicare più minutamente tale evento, e le conseguenze che ne sono derivate.

Desiderando specialmente dedurre le leggi, che regolano la forza d' attrito, passeremo ora a prendere in esame comparativo i valori dei numeri contenuti nelle precedenti tavole. Per potere facilmente stabilire queste leggi, conviene variare uno alla volta quegli elementi che entrano a costituirlo. Essi si possono ristringere al numero di tre cioè il raggio, la pressione, e lo stato delle superfici, che dipende dalla qualità della sostanza del corpo, dalla sua omogeneità, dal modo della lavorazione ec.

Le superficie della medesima sostanza sono state poste per quanto sia stato possibile nelle medesime circostanze rispetto alla qualità, alla lavorazione ec. poichè la maggior parte dei cilindri d' abete furono tratti dal medesimo tronco d' albero, e tutti ridotti poi al tornio con eguale accuratezza. Una simile cautela fu presa anche riguardo a quelli di pietra, che venne procurato formarli della stessa qualità, e rotondarli diligentemente al tornio, adoprando dello smeriglio, perchè fossero portati a un certo grado di levigatezza.

Ora se si ferma l' attenzione in una delle prime tavole, sulla colonna, che contiene gli attriti corrispondenti a un kilogrammo, si scorge che quando non cangia il raggio, al crescere della pressione i numeri differiscono poco fra loro, ora in più ora in meno. Ma se all' aumentare di quella crescesse, o diminuisse in correspettività

la forza d' attrito corrispondente a un kilogrammo, dovrebbero i numeri andar sempre crescendo o decrescendo: ciò che non accade riproducendosene spesso alcuni ben poco diversi in maggioranza o diminuzione anche a pressioni molte discoste. Queste alternative debbono dunque dipendere da circostanze incidenti ed accessorie, come sarebbero le piccole variazioni di rotondità nel contatto, l' ineguaglianza di porosità nelle diverse parti del corpo e tante altre, le quali è impossibile rimuovere affatto, comunque efficaci fossero le nostre cure per diminuirle. Le speculazioni di questo genere vanno sempre più o meno soggette a simili inconvenienti, per cui accade che alcune volte non si ravvisa nessuna uniformità nei resultati; che si presentano irregolari, e discordi; e perciò ben lontani dal nostro scopo, che è quello di potere per mezzo di un ragionato confronto arrivare a scoprire le leggi regolatrici delle cose che imprendiamo a studiare. Tornando al nostro oggetto diremo, chè, se i numeri relativi a energiche pressioni sono in generale un poco più grandi di quelli delle altre, ciò si spiega benissimo col riflettere che i corpi sotto quelle si alterano sensibilmente nelle loro superficie: e questo come è chiaro, segue tanto più presto al crescere della pressione quanto più il corpo è suscettibile di deformazione, e quanto più è piccolo il raggio, poichè essendo allora la pressione ripartita sopra una minore quantità di punti nell' estensione di contatto che varia perchè si tratta di corpi fisici, viene più presto ad esser superata la forza la quale tiene avvinte le particelle nelle loro primitive posizioni. Posto ciò se ora si considera come variata la sostanza, di cui son formati i cilindri e i regoli, e cangiando tavola, si passa ad altri di eguale o di differente sostanza fra loro, si vede, che restano sempre applicabili le conseguenze risultanti dalle riflessioni già fatte. E siccome i numeri della quinta colonna provengono dai quozienti dei respettivi della quarta per quelli della terza, sia l' uno o l' altro il me-

todo che si è tenuto nello sperimentare possiamo concludere essere la forza d'attrito direttamente proporzionale alle pressione, qualunque sia la sostanza delle superfici che si fregano. Riterremo però che vi è un limite, dentro il quale si mantiene nella sopraccennata ragione, e dopo aumentando essa sensibilmente succede per così dire uno sbilancio, che non può che corrispondere al punto di alterazione delle superfici.

Rimane ora a considerare, come varia la forza d'attrito al variare del solo diametro. Per potere a colpo d'occhio discernere la legge, che segue, presenteremo qui appresso una tavola, ove sono contenuti i prodotti delle medie pei raggi, e quelli per le radici quadrate dei raggi, ben inteso che queste medie sono precisamente quelle già vedute nelle tavole trascorse. In tal modo sarà facilissimo render palese se i resultati concordano più con la legge assunta da Coulomb, e riprodotta da Morin, o sivvero con quella ritenuta da Dupuit.

Qui sonosi aggiunte anche l'esperienze fatte con due cilindri di ferro a diametro differente sovra lastre d'ottone; e fa duopo avvertire che i cilindri erano ottimamente lavorati al tornio, e con superficie bene splendente.

TAVOLA IV.

Sul rapporto tra la resistenza e il diametro del cilindro.

Cilindri d'Abete su regoli dello stesso legno.

Raggi dei cilindri	Medie per un kilogr.	Prodotti delle medie per i raggi	Prodotti delle medie per le radici
0,0895	(1) 0,00429	0,000384	0,001283
0,1970	(1) 0,00279	0,000550	0,001238
0,2775	(1) 0,00263	0,000730	0,001385
0,0065	0,01633	0,000106	0,001316
0,0123	0,01217	0,000150	0,001349
0,0174	0,00963	0,000161	0,001271
0,0242	0,00783	0,000189	0,001211
0,0305	0,00865	0,000264	0,001311
0,0620	0,00624	0,000387	0,001554
0,0895	0,00486	0,000435	0,001454
0,1970	0,00443	0,000873	0,001966
0,2775	0,00409	0,001135	0,002154

Cilindri di pietra su regoli ruvidi di pietra.

0,0316	0,00357	0,000123	0,000634
0,0650	0,00204	0,000132	0,000520
0,0985	0,00172	0,000169	0,000540

Cilindri di pietra su lastre d' ottone.

0,0316	0,00301	0,000095	0,000535
0,0650	0,00230	0,000149	0,000586
0,0985	0,00196	0,000193	0,000615

Cilindri d'abete su lastre d' ottone.

0,0030	0,02482	0,000074	0,001360
0,0065	0,01458	0,000094	0,001175
0,0123	0,00956	0,000118	0,001060
0,0174	0,00793	0,000138	0,001049
0,0242	0,00676	0,000164	0,001052
0,0305	0,00468 (1)	0,000143 (1)	0,000817 (1)
0,0620	0,00482	0,000299	0,001200
0,0975	0,00320	0,000312	0,000998
0,1970	0,00331	0,000652	0,001469
0,2775	0,00269	0,000746	0,001417

Cilindri di ferro su lastre d' ottone.

0,0287	0 000799	0,000023	0,000135
0,0412	0,000760	0,000031	0,000154

Prima d'ogni altra cosa è d'uopo avvertire 1.°: che i tre primi numeri accennati col segno (1) spettano al secondo metodo d'esperimentazione, quindi debbono essere (come altra volta fu detto) distinti dagli altri, e perciò non assoggettati che a confronto particolare. 2.° Che riguardo ai numeri relativi alle pietre, non entrano a costituire le medie quelli che sono stati ottenuti a superficie alterata.

Con un semplice sguardo rivolto alle due ultime colonne immantinente si rileva che i prodotti pei raggi vanno tutti crescendo al crescere dei raggi medesimi, ciò che non accade dei prodotti per le radici, ben inteso che siano posti a confronto quelli inclusi nella medesima casella, perchè altrimenti si cangerebbe contemporaneamente un altro elemento quello cioè della sostanza dei corpi, cui appartengono le superficie in contatto. Di più, varii numeri della quarta colonna pochissimo diversificano fra loro. Che se avviene, che qualche volta i prodotti per le radici si succedono crescenti, discostandosi perciò alcun poco dall'eguaglianza, si deve riflettere, che il rapporto di due raggi qualunque considerato nel senso del maggiore al minore essendo più grande di quello delle loro radici, maggiormente si debbono allontanare dalla eguaglianza i numeri della terza che i correspettivi crescenti dell'ultima colonna. Attese queste riflessioni, e le alternative, cui sono soggetti i prodotti per le radici, non potendo attribuire queste irregolarità che a cause eventuali, siamo condotti a concludere, che essi debbano sodisfare alla legge d'essere eguali. I due resultati 0,000634, 0,000520 sembrano offrire eccezione a questo principio, per essere meno tendenti all'eguaglianza dei corrispondenti 0,000123, 0,000132. Mostreremo tale contrarietà non essere che una mera apparenza. I regoli di pietra, benchè della medesima qualità, non erano lisci come le superfici cilindriche per non essere stati preparati con lo smeriglio, ma sibbene ruvidi e assai scabri. Ora nella esperienza rela-

tiva a 16 kilogrammi, è successo che il cilindro di diametro più piccolo ha fatto sentire un continuato scricchiolare; nel medesimo tempo che si vedeva sfregarsi le superfici, e spolvorizzandosi, in molte parti perdere affatto quel grado di levigatezza cui erano ridotte. Quanto sia stata risentita quest'alterazione, si può rilevare ancora dall'esperienze fatte a superficie guasta, che hanno somministrato tutte numeri (già veduti nella tavola II.) più grandi del primo anche sotto pressione più piccola. Varie utili conseguenze si possono dedurre da tale favorevolissimo accidente, 1.° che gli altri cilindri non avendo sofferto alcun benchè minimo danno sotto il carico di 22 kilogrammi, (pressione anche maggiore) viene in questo modo coll'esperienza a confermarsi pienamente ciò, che razionalmente fu detto riguardo all'alterazione della superficie dipendentemente dall'impiccolimento del diametro, 2.° che se il numero 0,000634 è eccedente in paragone dei seguenti, tale esuberanza può dipendere dalla medesima alterazione in grado più piccola di quella a sedici kilogrammi, perchè più piccola la forza che preme. La congettura di questa conseguenza si è cangiata in assoluta certezza allorchè tolti i regoli ruvidi, sono state sostituite ad essi due lastre levigatissime, per rimuovere così qualunque corrosione.

Assoggettati quindi nuovamente i cilindri all'esperienza su lastre d'ottone lucide, avendo prima avuto cura di ricondurre il cilindro sfregato al primitivo stato di levigatezza, i numeri ottenuti hanno appunto acquistato la ripromessa regolarità. Al medesimo principio dell'eguaglianza dei prodotti per le radici, porta ancora in un modo incontestabile ed evidentissimo l'esame del quadro dei cilindri d'abete su lastre d'ottone, posto verso la fine dell'ultima tavola, poichè da esso chiaramente ne emerge, che nel passare dal raggio 0m,003 all'altro 0m,2775, cioè ad un circa 92 volte più grande, il prodotto della media pel rag-

gio continuamente aumenta fino a divenire dieci volte maggiore, mentrechè quello per la radice ora aumenta ora diminuisce in maniera che il suo valor più grande non arriva neppure ad essere il doppio del più piccolo. Che se di più non si trascura di rammentare, che il resultato 0,000817 è stato distinto col segno [1] perchè apparteneva ad un cilindro di qualità diversa da quella degli altri, per essere a differenza di essi di pasta gialla, e molto untuosa, trascurate che siano le ultime due cifre decimali il maggior divario fra i prodotti per le radici si ristringe a sole quattro unità, avendosi 13, 11, 10, 10, 10, 12, 10, 14, 14.

Laonde per l'accordo dei resultati del secondo metodo d'esprimentazione, e per tutte le riflessioni testè fatte, conciliandosi pure i risultati del secondo metodo d'esperimentare, possiamo stabilire che varia la forza d'attrito secondo la ragione inversa della radice quadrata del raggio.

Dunque riunendo in una formula le due leggi alle quali ci hanno guidato i nostri resultati sperimentali, e chiamando F il pesetto, che consideriamo come equiparare l'attrito, P la pressione esercitata sul piano dei regoli, r il raggio del cilindro, f un coefficiente costante per la medesima sostanza, ma variabile dall'una all'altra, potremo ritenere l'espressione $F = \frac{fP}{\sqrt{r}}$, fatta astrazione dal cambiamento di stato nelle superfici per la deformazione del corpo.

Da questa formula si può trarre il valore della costante f, che non è altro se non che l'attrito di un cilindro di raggio eguale ad un metro sotto una pressione eguale ad un kilogrammo. Se poi nella resultante espressione $f = \frac{F\sqrt{r}}{P}$ si sostituiscono per r e P i loro valori unitamente a quello di F somministrato dall'espe-

rienza, si otterranno i seguenti numeri che stabiliscono una relazione fra le divese sostanze da noi usate, determinando il valore del loro coefficiente d'attrito al rotolamento.

TAVOLA V.

dei valori del coefficiente d'attrito di seconda specie

Sostanze	*valori di f*
Cilindri di abete su regoli dello stesso legno .	0,001532
Cilindri di pietra su regoli ruvidi di pietra .	0,000564
Cilindri di ferro su lastre d'ottone	0,000144
Cilindri di abete su lastre d'ottone	0,001198
Cilindri di pietra su lastre d'ottone	0,000579

Determinato il valore di f coi resultati di una sola esperienza, sarà facilissimo ottener quello dell'attrito di un cilindro di un raggio qualunque r, e sotto una pressione arbitraria P, ben inteso di dover trattare di quelle medesime sostanze che hanno servito per la determinazione della f; poichè non si dovrà fare altro che moltiplicare la stessa f per la pressione P, e dividere per la radice quadrata del raggio.

Per compire questa prima parte resta ad avvertire che si è riscontrato nelle esperienze suddette verificarsi in generale i seguenti principii.

1.° Che il logoramento cagionato dal lungo uso delle superfici di contatto non produce alcun sensibile cangiamento sopra i resultati.

2.° Che non accade il medesimo del logoramento prodotto da pressioni molto intense, il quale può indurre qualche divario; di ciò ne sono una prova i numeri della tavola II. relativi al primo cilindro di pietra, e a 10 kilogrammi di pressione.

3.° Che non v' influisce sensibilmente lo stato d'umidità o siccità dell'atmosfera.

4.° Che risulta grandissimo l' effetto delle imperfezioni di rotondità nelle superfici cilindriche.

Da questo principio non solo si rileva, che è assolutamente necessario per ripromettersi qualchè regolarità nei numeri, formarle al tornio con molta accuratezza; ma di più quanto è utile sperimentare su varie linee di contatto per non azzardare giudizj impropri.

5.° Che se invece di addossare al cilindro il cordoncino cui si appendevano i piombi rappresentanti la pressione (come si è fatto in tutte l'esperienze qui esposte), piacesse avvolgerlo una o più volte dopo averlo fissato con una estremità sulla superfice cilindrica, e trarre il cilindro con forza orizzontale tangente all' estremo superiore del diametro verticale, il valore di ciascuno dei numeri resultanti si sarebbe ridotto alla metà. Ciò facilmente si comprende solo che si rifletta essere l'asse di rotazione una linea aderente al contatto e che quindi la forza viene ad agire con un braccio di leva doppio di quello di prima.

Questo pure è stato verificato con un'esperienza, in cui si è adoprato una carrucolina mobilissima (dall'attrito della quale si poteva prescindere), affine di poter così rivolgere la direzione della forza a quella di un peso.

PARTE II.

Sebbene lo scopo delle esperienze surriferite sia quello di offrire dei dati per stabilire certi principj, utili esclusivamente alla pratica, tuttavia esse non hanno con questa che un rapporto indiretto. Ognuno senza dubbio crederà più naturale che le dottrine, le quali abbisognano nelle applicazioni, debbano essere desunte dalle medesime macchine che in quelle si usano, piuttostochè da altre ad esse simili, a bella posta costrutte, e meglio conformate: onde forse non poco sarebbe mancato all' intrapreso lavoro, se neppure una esperienza si fosse fatta sotto un punto di vista così proprio al nostro soggetto.

In qualunque genere di veicoli la resistenza che fa contrasto alla forza destinata a traslocare il carico, si compone di due parti distinte, che sono due attriti di specie diversa: l' uno si genera fra l' anello della ruota, e l' asse intorno cui essa gira; di questo non intendiamo parlare: l' altro si esercita fra il suolo su cui scorre la macchina, e il cerchio della ruota; e questo varia manifestamente secondo la natura del suolo. Sarebbe cosa laboriosissima, voler sottoporre a esperimento tutte le varietà di suoli secondarie per il loro gran numero. Qui dunque non abbiamo fatto, che determinare il valore della resistenza per alcune principali qualità di piani, preparati ad imitazione degli stradali. In queste esperienze abbiamo fatto uso di ruote ordinarie munite di cerchi di ferro, e tratte appunto da carretti e da barrocci. Sono state riunite due a due con un cilindro di legno introdotto a forza negli anelli, e con adattate sbarre trasversali contrastanti le razze, per cui abbiamo reso bene stabile il sistema, affine di determinare il solo attrito di seconda specie col metodo stesso, che si teneva rispetto ai cilindri. Le qualità di suolo che abbiamo scelte come più essenziali, sono le seguenti: un suolo consistente in uno strato di rena di fiume di una certa altezza sopra un fondo ben solido: uno di terra calcata già da gran tempo: uno di smalto: uno coperto di ghiaja di monte ed infine uno lastricato. Per quello arenoso è convenuto fare una tavola separata, onde mostrare il valore diverso della resistenza relativamente a tre strati di diversa altezza. Ad onta, che in queste esperienze si siano scelti con ripetute riprove i pesi più opportuni a muovere lentamente le ruote, pure i numeri delle prime colonne che sono i resultati stessi delle particolari esperienze appariranno non poco irregolari. Ciò non deve far maraviglia, poichè facilmente si concepisce, che questo dipende dall' essere tali ruote non bene rotondeggianti, e dal mancare i piani di orizzontalità o di eguaglianza di scabrosità nei varii punti della loro estensione,

TAVOLA I.

Ruote ordinarie del diametro di 1m,52 con cerchio di ferro largo 0m,041 fatte muovere sopra strati di rena, mantenendo la pressione costantemente eguale a 130k,291.

Strato di rena umida alto 0m,013		*Strato di rena asciutta alto 0m,013*		*Strato di rena asciutta alto 0m,027*		*Strato di rena asciutta alto 0m,040*	
valore della resistenza	*affondamento delle ruote*	*valore della resistenza*	*affondamento delle ruote*	*valore della resistenza*	*affondamento delle ruote*	*valore della resistenza*	*affondamento delle ruote*
k		*k*		*k*			
3,585	0,006	7,000	0,012	15,0	0,024	24,00	0,036
4,462	0,005	11,478	0,010	20,5	0,027	17,00	0,034
6,047	0,006	10,492	0,011	15,5	0,023	19,50	0,034
6,400	0,005	9,616	0,011	15,0	0,027	21,33	0,035
med. = 5,123	*med.* = 0,005	*med.* = 9,646	*med.* = 0,011	*med.* = 16,5	*med.* = 0,025	*med.* = 20,46	*med.* = 0,035
labbro della rena = 0,001		*labbro della rena* = 0,005		*labbro della rena* = 0,010		*labbro della rena* = 0,013	

TAVOLA II.

Ruote ordinarie del diametro di 1m,52 *con cerchio di ferro largo* 0m,041 *fatte muovere sopra suoli di diverso genere, ritenendo sempre la pressione di* 130k, 291.

Terra calcata		*Smalto*		*Ghiaja*		*Lastrico*	
Resultati d'esperienza	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*	*Resultati d'esperienza*	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*	*Resultati d'esperienza*	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*	*Resultati d'esperienza*	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*
3.462		4,462		14,462		2,708	
3,062	3,262	3,293	3,877	14,924	14,693	2,523	2,615
3,123		2,739		14,462		1,862	
3,462	3,293	3,893	3,316	10,000	12,231	3,540	2,701
5,000		3,277		11,000		2,523	
4,616	4,808	4,493	3,885	13,050	12,025	4,893	3,708
2,277		0,558		8,359		1,801	
2,000	2,138	2,462	1,510	9,460	8,909	3,602	2,701
media compl. = 3,375		*media compl.* = 3,147		*media compl.* = 11,964		*media compl.* = 2,931	

Nelle seconde colonne del quadro secondo si trovano le medie fra i due numeri corrispondenti al movimento nei due sensi contrarj, relativo ad uno stesso punto di contatto. L'oggetto di queste medie è quello di mostrare in generale un poco più di regolarità dei numeri delle prime colonne: infatti bene s'intende, che se la differenza di questi è provenuta da mancanza d'orizzontalità nel piano, o da discentramento del sistema, mentre da una parte diminuisce la resistenza, dall'altra aumenta, e così si vengono alquanto a compensare fra loro. Affondandosi le ruote sugli strati di rena, e per condurle nella conveniente posizione, lasciandosi ciascuna dietro un solco con due labbri laterali superiormente sporgenti, si rese necessario che compita un esperienza dalla parte inalterata, col riempirne i solchi fosse nuovamente preparato lo strato per ripeterla in senso contrario. Quindi siccome in questo caso il suolo non può dirsi in identiche circostanze per le due successive esperienze, (ciò che non accade degli altri, ove non producesi solco veruno) abbiamo creduto inutile affatto prendere le medie fra i numeri della tavola I.; nella quale invece abbiamo sostituito quelli che esprimono l'insinuazione delle ruote nel suolo pei differenti strati. In questi medesimi numeri è ancora compresa l'altezza del labbro di rialzamento, che è registrata al piede di ciascheduna colonna.

Dalla medesima tavola I. vedesi, che crescendo lo spessore dello strato, cresce corrispondentemente il valore della resistenza, ma per gradi sempre più piccoli; poichè passando per tre altezze che stanno fra loro circa come 1 : 2 : 3 il valor di quella aumenta presso a poco secondo i rapporti 9 : 16 : 20. Facilmente poi si concepisce, che vi deve essere uno spessore limite, al di sopra del quale devesi mantener costante la resistenza; e il fondo solido non avere altrimenti influenza sul valor della medesima.

Riguardo alla tavola II. si deve avvertire che fu adoprato della ghiaja molta minuta, mentre il pezzo più grande arrivava appena alla grossezza di una noce; e che il lastrico era, come suol dirsi, martellinato. Da questa si scorge, che sul buon lastrico l'attrito è minore, che su gli altri suoli, e che per grandezza crescente ne succedono lo smaltato, quello di terra pestata, che sono presso a poco tutti eguali fra loro, ed infine quello di ghiaja, che ne è circa quattro volte maggiore.

Altre tre tavole che qui appresso seguono, sono state formate per conferma delle leggi relative alle pressioni. Rispetto alla pressione di k130,291 per le ruote del diametro 0m,886, noteremo, che è stata accavallata al cilindro trasverso che collega le ruote una fune, a cui abbiamo attaccato un peso di 50k circa; mentrechè relativamente alla pressione di k270,291 per le ruote di diametro 1m,52 ne abbiamo accavallate due attaccando a ciascuna un peso di 50k: che perciò sebbene si sia scelto il minimo peso adattato a muovere il sistema, tuttavia l'attrito della fune col cilindro deve aver prodotto un certo aumento, che non è stato tolto dai numeri da noi ottenuti. In queste tavole come si è avvertito per la II. sono notate in colonna a parte le medie corrispondenti al movimento ne' due sensi contrari, distintamente dalla media completa.

TAVOLA III.

Ruote ordinarie del diameto di 0m,273 *con cerchio di ferro largo* 0m,023 *fatte muovere sopra un ammattonato arrotato e orizzontale con pressione di* 5k,421.

Resultati d'esperienze	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*	*Resultati d'esperienze*	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*
k		*k*	
0,114		0,174	
0,100	0,107	0,315	0,244
0,342		0,223	
0,043	0,192	0,117	0,170
	media completa = 0,178		

TAVOLA IV.

Ruote ordinarie del diametro di 0m,886 *con cerchio di ferro largo* 0m,038 *fatte muovere sopra un ammattonato arrotato e orizzontale con pressione*

di 49k,55		*di* 130k,291	
Resultati d'esperienze	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*	*Resultati d'esperienze*	*medie delle due suc. esp. in senso opp.*
		k	
0,431		2,308	
0,616	0,523	2,586	2,447
1,401		4,632	
0,616	1,008	1,786	3,209
0,408		2,554	
0,524	0,466	2,154	2,354
0,339		1,339	
1,509	0,924	5,232	3,285
media completa = 0,730		*media completa* = 2,824	

TAVOLA V.

Ruote ordinarie del diametro di 1m,52 *con cerchio di ferro largo* 0m,041 *fatte muovere sopra un ammattonato arrotato e orizzontale con pressione di*

130k,291		di 270k,291	
Resultati d'esperienze	*medie delle due suc. esp. in senso opposto*	*Resultati d'esperienze*	*medie delle due suc. esp. in senso opposto*
k			
3,909		1,431	
1,725	2,817	6,386	3,908
2,739		3,585	
2,493	2,616	1,893	2,739
1,602		6,801	
0,493	1,047	6,663	6,732
2,801		5,493	
1,708	2,254	6,370	5,931
2,216		2,493	
1,862	2,039	3,493	2,993
0,862		2,150	
2,308	1,585	7,000	4,575
1,616		9,708	
0,677	1,146	1,801	5,754
2,739		7,708	
1,370	2,054	5,170	6,439
media completa = 1,945		*media completa* = 4,884	

Per la legge dei diametri si può vedere la tavoletta seguente costruita dietro i risultati delle ultime tre precedenti.

TAVOLA VI.

Ruote con cerchio di ferro sopra ammattonato arrotato.

Raggi	*Medie per un kilogrammo*	*Prodotti delle medie per i raggi*	*Prodotti delle medie per le radici*
0,136	0,03283	0,004465	0,012111
0,443	0,01819	0,008058	0,012093
0,760	0,01650	0,012540	0,014386

Benchè dalle trascorse tavole si possa rilevare il rapporto dell' attrito dipendente dalle diverse sostanze, non ostante crediamo utilissimo aggiungerne un altra, in cui siano riportati i valori numerici del coefficiente *f* d' attrito. Essa confrontata con la V. della prima parte, ci mostra, che la miglior riduzione delle superfici fa molto diminuire il valore della resistenza.

TAVOLA VII.

Per il coefficiente d' attrito di seconda specie nelle ruote con cerchi di ferro sopra sostanze differenti.

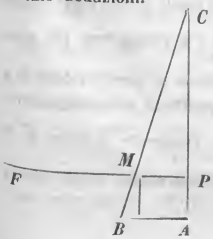
Strato di rena umida . . .	alto	0m,013	0,034270
Strato di rena asciutta . . .	»	0m,013	0,064541
Idem	»	0m,027	0,110401
Idem	»	0m,040	0,136898
Terra calcata			0,022582
Smalto			0,021056
Ghiaja			0,080605
Lastrico			0,019477

Si comprende con facilità che i numeri di questa tavola non sono altro, che i prodotti delle medie complete incluse nelle tavole precedenti per il rapporto della radice del raggio alla pressione. E siccome in queste esperienze al pari di quelle trattate nella prima parte, abbiamo sempre superato l'attrito con un bracciò di leva eguale al raggio, e col medesimo braccio trae pure la forza in un veicolo; ne segue che volendo determinare la quantità di forza, che abbisogna a muovere questo veicolo sotto un certo carico, ricorreremo al valore di *f* corrispondente al medesimo suolo; e come dicemmo altra volta rispetto ai cilindri, ne formeremo il prodotto con la pressione, e divideremo per la radice quadrata del raggio: ciò nel sup-

posto però che la larghezza dei cerchj delle ruote sia eguale o pressochè eguale alla larghezza di quelli da noi usati.

I resultati sperimentali, che abbiamo riportati nelle due tavole V. parte prima, VII. parte seconda, non sono estesi per quel conveniente numero di sostanze, che può richiedersi per il vantaggio della pratica. Quindi serviranno a render meno incomplete le nozioni, che fino al presente si hanno sul coefficiente d'attrito al rotolamento ed a farci giusta idea del credito che si ha a dare agli esperimenti di già eseguiti su questo soggetto. D'ordinario si trova nei libri di Meccanica pratica una tavola che il Poncelet ha compilata (Introduction a la Mecanique Industrielle p. 507) dietro alcune esperienze dirette, e dietro alcune deduzioni di ragionamento fatto sopra dei resultati sperimentali. Il confronto fra i numeri da noi riferiti, e quelli registrati in questa tavola di Poncelet non fa conoscere sì marcata differenza da non dovere negli usi pratici valerci anche di quei numeri. Dobbiamo anche ricordare che i nostri risultati sulle ruote da barroccio concordano con quelli ottenuti da Dupit, onde per il lato relativo al moto delle vetture possiede ancora la pratica i resultati del Dupit medesimo.

Determinate per mezzo di soli dati sperimentali le leggi, che regolano la resistenza d'attrito, mostreremo, come un semplicissimo ragionamento geometrico porta alle medesime deduzioni.



Abbiasi un cilindro di raggio $r=CA=FP$ posato sopra un piano orizzontale, e voglia farsi rotolare per l'azione di una forza, che chiameremo F, la più piccola possibile, applicata in direzione verticale, e tangenzialmente alla super-

ficie convessa del cilindro. Si tratta di stabilire l'espressione di quella forza F che è incognita, in funzione del raggio, della pressione che esercita il cilindro sul piano, e dello stato delle superfici. Si potrà considerare il cilindro come un corpo materiale omogeneo ed animato da forze tali, che la loro risultante esprimente la pressione sul piano e che noi chiameremo P, passi per l'asse del cilindro normalmente al piano medesimo. Riflettendo che tutti i corpi sono più o meno scabri nelle loro superficie, supporremo, che tanto sul piano quanto sulla superficie cilindrica siano sparsi dei semi-globetti o dentelli, affine di aver così il mezzo d'introdurre nella espressione da determinarsi lo stato delle superfici. Sia in M il semi-globulo, intorno a cui si fa la rotazione; rappresenteremo con m la sua lunghezza MO: e la sua distanza dalla verticale che passa pel centro sarà molto piccola, perchè si tratta di un semplice contatto fra le due superfici. Siano inoltre indicate con x y le lunghezze $AB=MP$, $BM=AP$. Applicando in F una forza F, la più grande possibile, che lasci il sistema in equilibrio, essendo in O l'asse di rotazione, essa agirà con un braccio di leva eguale a $FP-OA$, ovvero con $FP-PM$, perchè OB è trascurabile, mentrechè l'altra forza P agirà con un braccio eguale ad OA, o ad MP; onde attese le sopraccennate denominazioni l'equazione dello stato prossimo al moto sarà (1) $F(r-x)=Px$. Ora per la proprietà caratteristica del circolo sarà (2) $x^2=y(2r-y)$: ma i triangoli simili MOB, CMP danno $y:m::r-y:r$ onde $y=\frac{mr}{r+m}$: e l'equazione (2) risoluta rispetto ad x, per la sostituzione di questo valore di y diviene, dopo aver fatte le opportune semplicizzazioni, $x=\frac{r}{r+m}\sqrt{m(2r+m)}$: onde finalmente il valor di F tratto dalla (1) e ridotto convenientemente dopo avervi

sostituito quello di x, sarà dato da $F = \frac{P\sqrt{m(2r+m)}}{r+m-\sqrt{m(2r+m)}}$.
A questa formula converrà intendere aggiunta una piccola quantità, che ponga in movimento lento e continuato il sistema. Tale aumento però non potendo essere che trascurabile per la sua piccolezza, potremo anche ritener la formula, come si è scritta; che anzi, se si rifletta, che si può impunemente trascurare la seconda potenza di m, ed m stessa in faccia di r, essa si presenterà più semplice sotto quest' aspetto (3) $F = \frac{P\sqrt{2m}}{\sqrt{r}}$; nella quale si legge, che la forza atta a mettere il cilindro in procinto di muoversi, è molto piccola rispetto alla pressione, in ragion diretta della pressione stessa, ed inversa della radice quadrata del raggio; che sono le leggi già stabilite coi resultati d' esperienza.

Quando piaccia applicare la formula (3) per determinare l' insinuazione delle piccole prominenze delle superfici cilindriche nelle piccole cavità delle piane, ricavando il valore di m, otterremo questa altra espressione $m = \frac{r}{2}\left(\frac{F}{P}\right)^2$. E siccome dal confronto de lla formula (3) con quella già data nelle prima parte si ricava ossere $f = \sqrt{2m}$ per non rifare i calcoli potremo alla determinazione di m servirci del coefficiente f d' attrito già per alcune sostanze determnato, ed avremo $m = \frac{f^2}{2}$. Un tal metodo usato per determinare le differenze fra la grana e compattezza delle diverse pietre, o dei diversi metalli, ci sembra che si presti meglio di qualunque altro per ridurre in numeri questi elementi. Faticosa e dispendiosa è la conveniente preparazione che si dovrebbe dare ai corpi per avere cilindri esatti, e lastre bene spianate: ma quando fosse anche per un sol corpo determinato con preci-

sione il valore di m, da potersi ritenere per la grossezza della grana, facile sarà anche con altri metodi men dispendiosi avere il rapporto fra la grossezza della grana di quel corpo e quella degli altri. Potrebbe darlo ancora l'attrito di prima specie, pel quale non occorrono, che piccole lastrette spianate. Avuto una volta il rapporto che deve passare fra i diversi valori di m nei differenti corpi, è chiaro come conoscendo il valore assoluto di m relativo ad un solo di essi corpi, possa dedursi il valore assoluto per tutti gli altri.

Questo valor di m in alcune ricerche può comparire interessante. Vogliasi a cagion d'esempio determinare la differenza fra la scabrosità dei legni, e quella dei metalli, quando gli uni e gli altri sieno con egual cura levigati quanto può farli il bulino del tornio. Useremo i valori di f che abbiamo riportato per tali corpi nella tavola V. della prima parte del nostro lavoro, ed otterremo

Per i metalli $m =$ 0m,0000000103
Per i legni $m =$ 0m,0000011735

Prima di terminare diremo alcune parole sui curri che ci offrono un semplice esempio d' applicazione dei principj già stabiliti.

Attesa la gran differenza che passa fra il valore dell'attrito di prima specie, e quello di seconda, agevolmente si comprende quanto grande sia il vantaggio, che presenta l'uso dei curri nel traslocare pesi molto intensi. Volendo prendere a determinare la forza necessaria a muovere lentamente un sistema di questo genere, cominceremo da avvertire, che i cilindri devono essere collocati con gli assi paralleli, e che gli supporremo tutti del medesimo diametro, come si usa nella pratica, disposti a distanze arbitrarie fra loro venendo in tal guisa in generale a sostenere parti disuguali del carico loro sovrappo-

sto. Nel considerare questo sistema vi si rinvengono sempre due attriti: l' uno si genera fra le superfici convesse dei cilindri e il piano superiore appartenente alla massa del carico quando abbia una faccia piana, o in caso diverso a tavole destinate a sostenerlo: l' altro si produce fra il piano inferiore, su cui scorrono i curri, e le loro medesime superfici. Noi prenderemo la forza che deve dar moto lento al sistema con una direzione giacente sulla superficie piana, che sta a contatto colla parte superiore dei curri, e normale ai loro assi. Se ora supponiamo di considerare un solo cilindro, e prescindiamo dal suo peso, il valor dell' attrito superiore dovrà essere eguale a quello dell' inferiore, perchè mentre esso rotola intorno al punto di contatto col piano di sopra, la forza che produce questo rotolamento proviene dall' attacco, o resistenza, che ha il cilindro col piano inferiore; onde resulta che la forza destinata a muovere il sistema, agisce con un braccio di leva eguale al diametro per ambedue gli attriti. Premesso ciò, potremo considerare questa forza, che indicheremo con F, come decomposta in tante altre forze coincidenti e cospiranti in modo che a ciascun cilindro ne corrisponda una capace di muoverlo indipendentemente dalle altre. Dette C, C' C'' ec. queste componenti, e p, p', p'' . . . le porzioni di carico che tocca a sostenere ai diversi cilindri, variabili ad ogni istante quando il sistema è in moto, avremo le due equazioni $F = C + C' + C'' +$ ec. (1) $P = p + p' + p'' +$ ec. indicando con P il peso totale. Se ora si rappresenta con k il peso di ciaschedun curro, il valore della componente C verrà dato dalla somma delle due parti $\frac{p\sqrt{2m}}{2\sqrt{r}}$, e $\frac{(p+k)\sqrt{2m}}{2\sqrt{r}}$ necessarie a vincere con un braccio di leva eguale al diametro respettivamente gli attriti superiore, ed inferiore del cilindro, per l'ultimo dei quali la pressione

resulta eguale a $p+k$ a causa del peso del cilindro: avremo perciò $C=\left(p+\frac{k}{2}\right)\frac{\sqrt{2m}}{\sqrt{r}}$. Analoghe equazioni si otterranno pure per gli altri cilindri, cioè

$$C'=\left(p'+\frac{k}{2}\right)\frac{\sqrt{2m}}{\sqrt{r}},\ C''=\left(p''+\frac{k}{2}\right)\frac{\sqrt{2m}}{\sqrt{r}}\ \text{ec.}$$

Se ora indichiamo con n il numero dei curri, e sommiamo fra loro tutti i primi membri di queste equazioni, come pure fra loro tutti i secondi, attese le due equazioni (1) verrà $F=\left(P+\frac{3p}{2}\right)\frac{\sqrt{2m}}{\sqrt{r}}$. In pratica i curri sogliono essere ordinariamente in numero di tre, onde F si riduce $F=\left(P+\frac{3p}{2}\right)\frac{\sqrt{2m}}{\sqrt{r}}$: e quando p fosse piccolo tanto da trascurarsi il termine $\frac{3p}{2}$ otterremo, $F=P\frac{\sqrt{2m}}{\sqrt{r}}$, onde si deduce che in questo ultimo caso, lo sforzo necessario a mettere in movimento i curri nella disposizione in cui gli abbiamo supposti deve essere lo stesso di quello che occorreva a far rotolare un cilindro nella disposizione che gli si era data nella prima parte di questo lavoro. Ciò evidentemente succede, perchè dovendo esser doppia la resistenza per essere due gli attriti, e nell'istesso tempo essendo pur doppio il braccio di leva, fa d'uopo per la teoria dei momenti, che essa rimanga della medesima intensità.

La verità di questo principio si è pur manifestata da un'esperienza fatta coll'apparecchio seguente. Posti due cilindri d'abeto del medesimo raggio ed eguale a 0m,0620 sopra due regoli parimente d'abete, e con gli assi paralleli, abbiamo fissato un cordoncino con una delle sue estremità sulla superficie di uno di essi, glielo abbiamo avvolto intorno per uno o due giri: e procurando che lasciasse l'a-

derenza con la superficie cilindrica all'estremo superiore del diametro verticale, in egual modo lo abbiamo avvolto al secondo cilindro. Facendogli quindi attraversare una carrucolina mobilissima, collocata a qualche distanza dai cilindri in modo che il cordoncino venisse a trovarsi orizzontale e perpendicolare agli assi dei cilindri medesimi, abbiamo ridotto così la direzione del cordoncino ad essere verticale: e abbiamo appeso all'altra estremità un piattello ad oggetto di poter misurare con successivi pesetti l'intensità della resistenza. Sono stati posati sopra i cilindri due regoli del medesimo legno, e con faccie della medesima larghezza dei sottoposti, connessi superiormente fra loro mediante una tavola, la quale veniva destinata a sostenere un peso determinato. Sotto la pressione di 8 kilogrammi, compreso il peso della tavola e quello dei regoli, abbiamo trovato la forza necessaria a muovere il sistema essere eguale a 0k,0262. Tolta dipoi la tavola coi regoli superiori, abbiamo addossato a ciaschedun cilindro un altro cordoncino, alle cui estremità si sono attaccati da ciascuna parte 2 kilogrammi; e ricondotti i cilindri ad avere i medesimi punti di contatto del caso precedente, abbiamo nuovamente osservato qual'era il peso atto a muovere il sistema. In questo secondo esperimento si è trovato che succedeva il moto allorchè il pesetto eguagliava 0k,0122, numero circa la metà del precedente. Dunque siccome i punti di contatto inferiore, erano i medesimi in ambedue i casi, e siccome eguale era pure la pressione, che i cilindri esercitavano sul piano sottoposto, siamo condotti al principio sopra esposto. Chiaramente ancora si scorge, che la disposizione più vantaggiosa della direzione della forza è quella di passare pel centro di gravità della massa del carico: infatti in caso diverso tendendo la forza a produrre un moto rotatorio, una parte di essa vien distrutta da quegli ostacoli, che si oppongono a questa rotazione; ma

il divario è stato riscontrato non essere molto grande almeno sotto le pressioni, con le quali abbiamo fatto le nostre esperienze. Questo può essere il motivo per cui il primo numero è risultato un poco più grande del doppio del secondo. Si deve avvertire che in queste esperienze si ottiene un moto regolarissimo a differenza di quelle eseguite coll' apparecchio descritto nella prima parte. Per intendere da che provenga questa uniformità di movimento, fa d' uopo riflettere che nelle esperienze della prima parte l'unica linea di contatto corrispondendo a una pressione più grande di quella cui si ritrova soggetta una qualunque delle linee di contatto nelle esperienze attuali, se il cilindro incontrava un punto difficile a superarsi, l'ostacolo avrebbe prodotto maggiore effetto in aumentare il peso che deve vincere l'attrito: mentrechè per queste ultime esperienze allorquando una linea s'imbatte in un punto arduo, in generale non accade, che le altre soccombano pure al medesimo incontro: onde resulta che la forza, aiutando per così dire, ora l'una, ora l'altra linea, il moto non resta interrotto. Di qui ne nasce ancora la spiegazione del gran divario, che esiste fra il numero 0k,0262 e quelli della tavola I. della prima parte corrispondenti al medesimo raggio di 0m,0620. Avvertiremo ancora, che i numeri 0k,0262, e 0k,0122 non sono valori medii di più esperienze, giacchè abbiamo creduto inutile farne un maggior numero, mentre non può cadere in dubbio che la relazione fra loro esistente, dipenda da circostanze accessorie, poichè abbiamo ritenuto in ambedue l'esperienze la medesima pressione, le stesse linee dei cilindri e nei medesimi luoghi delle superfici dei regoli.

Enrico Galli

Sullo stato dei coibenti, sia interposti a due conduttori carichi di elettricità contrarie, sia in presenza di una scarica elettrica.

Osservazioni del Prof. Carlo Matteucci.

Il celebre Faraday nelle sue ricerche sull' induzione elettro-statica ha dedotto da un certo numero di esperienze, e da un gran numero d' analogie, che in un coibente interposto a due cariche elettriche di natura contraria le molecole si trovavano in uno stato di polarizzazione quando l' induzione aveva luogo; il quale stato consisteva nella generazione di stati elettrici contrarj nelle molecole di questo coibente, o sulle facce opposte di ognuna. E generalizzando questo principio il Faraday ha cercato di mostrare come dei fenomeni, quali sono la conducibilità dei buoni conduttori, la coibenza dei cattivi, l' elettro-lizazione, la scarica ec. benchè apparentemente di natura opposta o molto diversa, potessero considerarsi come effetti di uno stato primitivo e generale, quello cioè dell'induzione molecolare o polarizzazione.

Leggendo attentamente le sue memorie è impossibile di non rimanere sotto l'impressione di tutta l' importanza e probabilità di questa vista veramente filosofica; ma nello stesso tempo conviene confessare che sarebbe a desiderarsi sempre che un maggior numero di esperienze venisse ad appoggio di queste idee ed a renderle più precise, più chiare nella loro applicazione ai vari casi.

Faraday, Harris e Belli, hanno dimostrato il poter specifico induttivo dei varj coibenti; fatto che per quanto importantissimo non conduce però di necessità ad ammettere l' idea della polarizzazione elettrica molecolare. Lo stesso può dirsi dell' altro fatto importante scoperto da Faraday dell' induzione, da lui chiamata in linee curve,

non portando questo fatto la necessaria conseguenza che tutte le molecole d'aria che circondano il coibente elettrizzato sieno o tutte cariche di elettricità contraria sulle loro facce opposte, o divise in strati egualmente carichi d'elettricità contraria.

Non dubito punto che non si possa pervenire, applicando l'analisi a questi casi chiamati da Faraday d'induzione per linee curve e fondandosi sulle teorie di Coulomb e di Poisson, ad intendere i resultati trovati dal Fisico inglese.

Non voglio perciò, me ne guarderei bene, diminuire minimamente l'importanza dell'idea della polarizzazione del coibente: solo vorrei che fosse dall'esperienza meglio dimostrata, che lo fosse nelle sue particolarità, affinchè si sapesse principalmente qual parte ha nei fenomeni di questo genere la dissipazione lenta dell'elettricità.

Un esperienza che secondo Faraday serve ad illustrare la condizione delle molecole polarizzate in un coibente sotto l'induzione sarebbe la seguente.

In un vaso di vetro pieno di olio rettificato di trementina sieno fissati ad una certa distanza due fili metallici terminati in palle o in punte. Uno di questi fili comunichi con la macchina elettrica l'altro col suolo. Dei pezzetti di filo di seta sieno notanti nel liquido, e si vedrà all'agir della macchina agitarsi da primo questi pezzetti fra i due fili, poi riunirsi insieme formando una specie di cordone che riunisce i due capi metallici. Cessata la carica elettrica il cordone cade disfatto. Secondo Faraday l'adesione che riunisce insieme questi diversi fili è dovuta alla polarità che prende ognuno dei filamenti nella stessa maniera che le molecole del ferro si raccolgono in fiocchi fra i due poli d'una calamita a ferro di cavallo.

Ho ripetuta e variata più volte questa esperienza usando polvere di corpi diversi, or coibenti or buoni conduttori, sospese nel liquido isolante e fra i due fili uno dei quali comunica con la macchina l'altro col suolo. Onde

tener sospese delle polveri metalliche basta di adoperare un liquido reso molto denso mescolando delle varie quantità di trementina di Venezia all'olio rettificato.

L'esperienza riesce egualmente bene con tutti questi corpi, se non che colle polveri che poco conducono, il cordone che si forma e che congiunge i due fili metallici è più voluminoso, e presenta una singolare apparenza che ricorda in qualche maniera il fatto di Davy delle due punto di carbone fra le quali si fa passare una forte corrente elettrica. Con la raspatura di sughero sospesa nell'olio di trementina l'esperienza riesce meglio che con ogni altro corpo. Da primo si veggono attratte alcune delle polveri di sughero dal filo in comunicazione con la macchina, poi son rispinte e saltellano fra l' un filo e l' altro. Non avendo nel liquido che pochi di questi corpicciuoli, l'esperienza procede costantemente in questa maniera, non differendo in ciò dal fenomeno ben noto del ballo elettrico o dello scampanio. Se la polvere di sughero sospesa nel liquido è molta, si raccoglie in tanta quantità fra i due fili da formare il cordone che li congiunge, e allora cessa quasi affatto il movimento di saltellamento delle polveri sospese. Si tratterebbe ora di dimostrare che le estremità di ogni pezzetto di sughero hanno elettricità contrarie, e di più che queste particelle di sughero hanno gli stati elettrici stessi che avrebbero le molecole di trementina di cui prendono il posto.

Onde farmi una qualche idea abbastanza esatta del fenomeno, ho preparato l' esperienza riunendo uno dei fili dell'eccitatore universale al conduttore della macchina elettrica, e mettendoli ad una certa distanza l'altro filo posto in comunicazione col suolo. L' intervallo d' aria fra le due palle dell' eccitatore era di 15 a 20mm. In qualche esperienza il filo dell'eccitatore in comunicazione colla macchina elettrica terminava in punta. Finalmente tengo sul conduttore della macchina un elettrometro a quadrante. Facen-

do girare uniformemente il disco della macchina elettrica, attendo che l' indice dell' elettrometro sia sufficientemente fisso o oscilli in un certo arco costante: allora fò tuffare le due palle dell' eccitatore nell'olio essenziale di trementina alla stessa distanza di prima. Veggo l'indice abbassarsi immediatamente, per risalire poi togliendo le due palle dell' eccitatore dalla trementina: così da 60° scende a 40° e ritorna poi a 60°.

Metto la polvere di sughero nella trementina e l' indice dell' elettrometro discende anche maggiormente, e intanto il fenomeno studiato si produce.

Ora può chiedersi se la differenza è dovuta a una dispersione maggiore che avviene nella trementina più che nell' aria, o invece ad uno stato d'induzione che si genera più forte attraverso alla trementina che nell' aria.

A questo fine metto una solita boccia di Lane in comunicazione col conduttore della macchina e facendo immergere ora nella trementina sola, ora nella trementina colle diverse polveri, ora nell' aria le due estremità dell' eccitatore, noto dopo quanti giri della macchina scocca la scintilla della boccia.

Ecco le cose osservate. Coll'aria la scintilla scocca dopo 11 giri: colla trementina densa dopo 6 o 7 giri, coll' olio di trementina dopo 8 o 9 giri. Se in quest'olio si trova la polvere di sughero o la seta tagliuzzata a modo che il fenomeno della riunione di questi pezzetti fra un' estremità e l' altra avvenga, la scintilla scocca egualmente dopo 8 o 9 giri: finalmente mettendo della polvere di ferro, di rame, di carbone, la scintilla non scocca anche dopo 30 o 40 giri. Tuttavia il fenomeno si produce egualmente e veggonsi i pezzetti di ferro riuniti assieme, e in qualche caso l'esperienza si fa assai brillante scoccando in molti punti una piccola scintilla come in un quadro scintillante.

Da tutto ciò, deduco non esser provato dall' esperienza

che ora consideriamo, che le parti del liquido coibente interposto alle due cariche contrarie sono polarizzate come si suppone. I corpicciuoli, tutti più o meno conduttori e per la loro natura e forma del mezzo in cui sono immersi e nuotano, sono attratti da un' estremità, rispinti all' altra, finchè riuniti in gran numero formano una catena attraverso della quale avviene una scarica più o meno lenta.

V' è però un' esperienza che descrissi in una lettera a Faraday inserita nel *Philosophical Magazine* 1845, e che mi sembra provare direttamente questo stato di polarizzazione del coibente interposto alle cariche di natura contraria e sotto l' induzione.

Preparo delle lamine di mica grosse quanto un foglio di carta molto sottile, quadrate da 8. o 10. centimetri di lato. Per solito lascio a queste lamine una piccola appendice in un punto del contorno. Poso l' una sopra l' altra 8. o 10. o più di queste lamine, v' applico sopra un piccol pèso di piombo, e indi le separo una ad una portandole ad un sensibilissimo elettroscopio a pile a secco. Se le lamine sono tolte senza strisciarle o premerle non vi sono mai segni d' elettricità.

Ciò fatto ricompongo la pila colle lamine di mica e con due piccoli quadrati di stagnola, fo' un quadro magico che ha per coibente la mica. Caricato il quadro senza che la scarica abbia luogo, stacco le armature con manichi isolanti e indi ad una ad una tento sulle due faccie se le lamine sono elettrizzate e come lo sono. Il risultato dell' esperienza è costante: tutte le lamine in un grado diverso presentano uno stato elettrico contrario sulle loro faccie, le cariche crescono dalle lamine intermedie alle estreme. La faccia in contatto coll' armatura positiva è positiva, e negativa l'altra.

Aggiungerò che questi stati elettrici contrari sulle faccie opposte delle lamine, si giudicano anche prima che

si provino all' elettroscopio: difatti appena comincia ad elettrizzarsi il quadro magico, si veggono attrarsi fra loro le lamine e così stringersi la grossezza dello strato.

Quest' esperienza prova evidentemente la polarizzazione ammessa da Faraday nel coibente interposto a due cariche indotte o d' elettricità contrarie, almeno nel caso della mica, anche presa senza ridurla in foglie, poichè riesce l' esperienza egualmente quando le lamine si tengono fortemente strette l' una contro l'altra nel tempo che la carica del quadro magico si fà.

Malgrado però l' esistenza di questa polarizzazione, provata ora dall' esperienza, non mi sembra però di poter concludere che per questa polarizzazione sola l'induzione si fa e si propaga attraverso al coibente. Nel qual caso non saprebbe intendersi, perchè gli stati eleltrici opposti esistenti sopra le freccie di ogni lamina di mica, dovessero diminuire a misura che si prendono lamine più vicine al mezzo dello strato coibente.

In presenza della scintilla che scocca fra le due palle dell' eccitatore, nell' aria che circonda il conduttore attraverso di cui passa una scarica di una batteria, si generano forse e si distruggono immediatamehte dopo, queste polarizzazioni che si è cercato di dimostrare coll' esperienza esistere nei coibenti interposti alle cariche elettriche indotte? Tutti i grandi fenomeni d' induzione elettro-dinamica ed elettrostatica, e la magnetizzazione, provano bene che in un conduttore prossimo ad un altro in cui l' elettricità si muove, si produce un disequilibrio elettrico corrispondente. Si tratta ora di scuoprire, se è possibile, se uno stato analogo a quello trovato nel coibente del quadro magico, si trova nell'aria in presenza di una scarica elettrica.

L'antico fatto elettrico, della così detta scarica laterale, è sembrato provasse in qualche maniera quest' azione della scarica sul coibente. Se si accosta allo scaricatore di una batteria e nel momento in cui la scarica si fa, il

bottone di una bottiglia di Leida, una piccola scintilla vedesi scoccare sul bottone dello scaricatore. È questo, io penso il fatto che ha recentemente studiato il Sig. Knochenauer, negli Annales di Poggendorf. Questo fatto però prova solamente che l'induzione si fa anche per il breve tempo della scarica, lo che è anche meglio dimostrato da tutti i fatti dell' induzione elettro-statica. Oltre di che poi conviene aggiungere che essendo sempre nella carica di una bottiglia una delle elettricità in eccesso, la scintilla trovata può ben attribuirsi a quest' eccesso.

E difatto ho visto, accostando un elettroscopio piuttosto che il bottone di una bottiglia in quell' esperienza, aversi nella scarica un segno ben distinto di questa scarica laterale, talora positiva e talora negativa, secondo che l'una o l' altra elettricità era stata adoperata per caricare la batteria.

Descriverò qui una esperienza che prova assai bene questa induzione della scarica.

La prima esperienza del Galvani consisteva, come ognun sà, ad avere delle rane preparate in comunicazione col suolo e presso il conduttore della macchina elettrica; ad ogni scintilla avvenivano le contrazioni nelle rane.

Questo fatto fu ed è tutt' ora interpretato generalmente dicendo che accade per influenza la carica lenta della rana, e che al cessare istantaneo della carica del conduttore, le elettricità separate si riuniscono attraverso la rana; così si è inteso il così detto fulmine per colpo di ritorno.

V'è una maniera di far l'esperienza del Galvani che non mi sembra però poter ammettere la stessa spiegazione. Preparo la mia solita rana galvanoscopica, oppure una rana intera spaccata al bacino, e la sostengo interamente isolata con lunghi fili di seta vicino allo scaricatore, o la poso sopra un piano di resina o sopra foglie di mica. Fo in somma che la rana sia perfettamente isolata. Nell' atto

della scarica la contrazione si mostra anche alla distanza di parecchi centimetri dalle palle dell' eccitatore, e con cariche non troppo forti. Prendo un filo di rame terminato in palline metalliche, perfettamente isolato con lunghi cordoni di seta interrompendo il filo in mezzo e in un punto qualunque, riunisco queste due estremità con una rana preparata: in questa disposizione la scintilla di una bottiglia anche piccola, quella del conduttore, che scoccano a molta distanza, fanno contrarre la rana.

Non veggo perchè sia possibile di interpretar questi fatti nel modo solito, che mi sembrano invece provare l'esistenza di quest' induzione, che durante la scarica si fa e si disfa nei corpi circostanti.

Ho cercato di scoprire se anche in questo caso il coibente interposto veniva modificato.

Fra le due spirali del mio apparecchio d' induzione elettro-statica, o induzionometro differenziale, ho più volte tentato a mettere lamine coibenti di diversa specie fra la spirale primitiva e una delle secondarie, lasciando l' aria costantemente nell' altro intervallo. Non ho mai potuto riscontrare differenza alcuna nella corrente o nel magnetismo generato dalla corrente indotta, secondo che era prodotta attraverso a coibenti diversi.

Rimaneva a studiarsi il fatto del magnetismo che la scarica genera, e tanto estesamente trattato da Savary. Si sa che degli aghi simili messi presso ad un filo scaricatore di una batteria a distanze diverse dal filo, prendono un magnetismo vario non solo di grado ma anche di senso. Si sa pure che queste differenze si riscontrano avvolgendo questi aghi dentro inviluppi metallici; la differenza consiste generalmente in tal caso in una scomparsa o diminuzione di magnetismo.

Ho cercato di studiare questi fatti adoperando vari corpi coibenti fra il filo e gli aghi. Savary racconta una sola esperienza di questo genere fatta da Arago che consi-

steva ad aver trovato il magnetismo preso da un ago in un tubo di vetro non diverso da quello preso dallo stesso ago fuori del tubo.

Duolmi, che costantemente occupato nelle mie ricerche d' elettro-fisiologia non ho potuto dare a questo soggetto importante tutto il tempo che avrei voluto.

Credo però di esser riescito a dimostrare coll' esperienza che il magnetismo comunicato da una data scarica, essendo eguali tutte le altre circostanze, varia secondo la natura del coibente interposto.

Gli aghi d' acciajo adoperati erano temperati il più possibile e lunghi 33. millimetri e grossi 0,mm3. La scarica di 9. bottiglie, passava per un filo ordinariamente di platino lungo di 0,m50 a 0,80. e di $^1/_6$ di mill. di diametro.

Gli aghi erano sottoposti all' esperienza come è descritto dal Savary nella sua Memoria. In alcune esperienze mettevo gli agli alla stessa distanza del filo circondandone alcuni per la grossezza di tutto l' intervallo, fra essi e il filo, di cera lacca, di mica, di trementina, d' olio, di acqua stillata. In altr' esperienza, facendo immergere in uno de' suddetti liquidi il filo, disponevo gli aghi a diverse distanze, e avendone altri simili nell' aria paragonavo la distribuzione del magnetismo preso secondo le varie distanze nei diversi coibenti.

Non riferirò che poche esperienze, essendo poche quelle che ho tentate: esse però mi sembrano bastanti a provare che la magnetizzazione operata da una scarica elettrica si propaga disegualmente secondo il diverso coibente, che è interposto agl' aghi e al filo in cui la scarica avviene.

Ho disposto in faccia al filo e alla distanza di 3m l' uno dall' altro due serie di 17 aghi l' una. La disposizione era la stessa di quella descritta da Savary, il filo guardava il mezzo dell' ago, e gli aghi benchè tutti distanti normalmente dal filo per delle distanze multiple di 3mm,

erano però posti inclinati l'uno all'altro. La scarica che feci passare era della batteria di 9 bottiglie, ma lontana dall'esser satura.

Tutti gli aghi di una serie erano separati l'uno dall'altro da una laminetta di mica sottile. Il senso del magnetismo preso fu lo stesso in tutti, cioè positivo, ma assai diversamente distribuito, come lo prova questo quadro:

Numero degli aghi	Durata di 10 oscillazioni: Senza miche	Durata di 10 oscillazioni: Con miche
1	33"	26"
2	24	26
3	22,5	24
4	23,5	23,5
5	22	23
6	22	23
7	22	23
8	22,5	23
9	23	23
10	22	23
11	24	23
12	30	22,5
13	26	22
14	26	21
15	27	21
16	28	22
17	28	24
18	29	27

Evidentemente il massimo del magnetismo preso, maggiore per gl'aghi coperti dalle miche, si trova ad una distanza maggiore dal filo di quella a cui si trova il massimo negli

altri aghi. Con una data carica a delle piccole distanze dal filo, il magnetismo preso dagli aghi, è sempre minore, se sono inviluppati dalla mica che in quelli che sono nell' aria. Ecco alcuni numeri ottenuti costantemente ripetendo molte volte le esperienze.

Ho fatto passar la scarica per un filo d' ottone grosso 3mm, di diametro e lungo 0m,30 e pel solito filo di platino. Ho messo i soliti aghi a 6mm, dall' asse dei fili ed ho agito con scariche più o meno forti.

Il magnetismo, sempre positivo, fu di grado assai diverso.

Carica più forte. Filo di platino. Durata di 10 oscillazioni		Carica più debole. Filo di platino. Durata di 10 oscillazioni	
Aghi con miche	Aghi senza miche	Aghi con miche	Aghi senza miche
29"	27"	33"	30"
Id. pel filo d' ottone		Id. pel filo d' ottone	
30",5	25",5	31"	30"

Carica più debole ancora. Filo di platino.

Durata di 10. oscillazioni.

Aghi con miche	Aghi senza miche
60"	46"
Id. filo d' ottone	
63"	60"

Riferirò infine alcune altre esperienze fatte col solito filo di platino fatto passare ora nella trementina di Venezia, ora nell'acqua stillata, ora lasciato nell'aria.

Gli aghi erano al solito in questi diversi mezzi, e messi a 5mm, del filo come l'uno dall'altro.

Esperienze di confronto fra l'aria e la trementina.

Numero degl' aghi.	Aghi nella trementina.	Aghi nell' Aria.
1.° a 5mm,	35",5	34",5
2	41	36,5
3	34,5	36
4	36	40

	Aghi nell' Acqua stillata	Id. nell' Aria
1	61"	64",5
2	65,5	70
3	91	1',50
4	insensibile	2,30
5	2',50"	2'
6	5',20"	insensibile

Quantunque l'esperienze riferite sieno poco numerose, bastano però a provare il fenomeno dell'influenza dei coibenti nella magnetizzazione della scarica.

Cercando di spiegarci questo fatto, che de' migliori studi svilupperanno ancora, e fondandosi sulle analogie, possiamo supporre che in presenza di una scarica elettrica, si generano e si distruggono immediatamente dopo, nel coibente circostante delle cariche elettriche che si succedono in senso contrario negl' intervalli prossimi.

Ne viene perciò che la disposizione di queste scariche,

e il senso delle scariche indotte, saranno diverse alle varie distanze e che influiranno su di esse la presenza dei coibenti e quella dei corpi conduttori circostanti.

Se si ammette che il magnetismo che gli aghi prendono, in presenza di un conduttore percorso dall' elettricità, è prodotto da queste scariche avvenute nel seno del coibente e che lo traversano, credo si possa intravedere una spiegazione soddisfacente dei fatti principali di Savary.

Nota sulla termo-elettricità del mercurio

Il modo più semplice per determinare i poteri termo-elettrici è quello di formare un circuito coi differenti metalli che si vogliono esperimentare, e col filo del galvanometro; e scaldando dipoi una delle saldature, mentre le altre sono alla stessa temperatura, osservare la corrente eccitata. Se in tale circuito entra il mercurio, il numero che per esso si ottiene, ossia la deviazione dell' ago che avviene allorchè si scalda uno de suoi punti di contatto con uno dei due metalli che gli stanno a lato, deviazione, come ben si sa, ridotta ad esprimere esattamente la intensità della corrente che gli corrisponde, è tale da far classare questo corpo subito dopo il bismuto nella tavola dei corpi termo-elettrici. Ma questo modo di esperimentare non è il più diretto. A dire il vero si devono porre a contatto due sezioni differenti dello stesso metallo a diversa temperatura, giacchè il caso più semplice è quello in cui uno stesso metallo forma l'armilla in cui circola la corrente; e se per ottenere in questi casi una certa durata di effetti, che permettino di stabilire de' numeri esatti, è d'uopo ricorrere ad un altra esperienza che è meno diretta, è però necessario, per confermare ciò che si dedusse dalla prima, di avere in quest' ultimo modo delle deviazioni dell' ago tali da non lasciar alcun dubbio sulla sua maggiore o minore termo-elettricità. Tale conferma

manca per il mercurio, ed alcuni distinti fisici negano affatto l'esistenza del suo potere termo-elettrico, e quelli che dicono il contrario non l'ammettono che al grado più debole.

Tali contradizioni sono imbarazzanti, perchè la esatta determinazione di quel potere termo-elettrico è necessaria teoricamente; essendochè il mercurio è il solo metallo che si possa agevolmente esperimentare allo stato liquido, senza introdurre nella esperienza delle cause enormi di errori. Ecco il perchè feci la seguente prova.

Le due estremità del filo del galvanometro erano, per una lunghezza di 10 centimetri, nell' interno di due cilindri di argilla pieni di mercurio, ad una stessa temperatura in ambidue, forati al fondo e posati su di uno stesso piano orizzontale, alla distanza di un metro fra loro. In mezzo ad essi v' era un altro cilindro, il quale pochi minuti prima dell' esperienza si empiva di mercurio caldo. Potevano così, per tale disposizione, cader da que' vasi duranti 10 minuti, tre colonne verticali di mercurio, alte 5 centimetri e di due nel diametro, e nel piano sottoposto mediante appositi incavi, formare tre lamine liquide di 5mm,0 di grossezza. La lamina di mezzo, la calda, comunicava con una delle laterali col mezzo di un tubo ripiegato ad U in un piano verticale e precedentemente pieno di mercurio freddo; e così non esisteva mai una variazione subitanea di temperatura fra quelle due, ed era tutto disposto in modo che non poteva esistere una corrente di liquido fra loro. L' altra lamina poi, dall' altra parte della calda, si incontrava con quest' ultima nel cadere che facevano ambedue, pria lambendosi ai bordi, da una fenditura praticata nel loro medesimo piano.

Dunque da un tale apparecchio ottenni le seguenti cose. 1.° Che fosse impossibile una causa di errore assai importante, la disugual temperatura delle estremità del filo del galvanometro. 2.° Una persistenza nella durata della causa per l' effetto che gli dovevo supporre; circostanza che da alcun altro esperimentatore non fu curata ottenere. 3.° Di

aver nel mercurio le stesse condizioni di temperatura proprie di un filo metallico, allorchè chiude il circuito colle sue estremità a disugual temperatura. Il risultato dell'esperienza fu negativo; l'ago rimase perfettamente a zero.

È appena necessario che io avverta essermi assicurato con termometri delicatissimi che la temperatura era invariabile vicino alle colonne liquide, e che andava rapidamente decrescendo, fino a divenir uguale a quella dell'ambiente, quella nel tubo piegato ad U che riuniva due di quelle lamine, partendo dalla calda. Mi assicurai con ripetute prove della sensibilità dell'apparecchio. D'altronde adopravo un galvanometro a 200 giri di filo di rame di 0m,001 nel diametro, il di cui sistema astatico compiva una oscillazione ogni minuto.

A quella esperienza credo che sarà fatta la seguente osservazione. Si dirà che sebbene le due lamine liquide si toccavano ai loro bordi ad una elevata differenza di temperatura, pure dopo esse formavano una massa, nella quale, come in un circuito di poca resistenza, potea circolare la corrente prima originata dal loro incontro, e così non passando, che o poco o nulla derivata, pel galvanometro, potea restar del tutto ignorata. Ma qui siamo nel caso di più circuiti omogenei che hanno a comune le sezioni a disugual temperatura: la forza della corrente in ognuno di essi non sarà dipendente che dalle resistenze loro respettive e dalle temperature estreme.

Nella fine di questa breve nota, mi permetto di osservare che lo stato attuale delle nostre cognizioni non dovrebbe far parer strano la mancanza del potere termoelettrico nei metalli allo stato liquido. La natura dei fatti conosciuti è tale, che la produzione di una corrente termoelettrica ha sempre il colore di quei fenomeni secondarii che accompagnano l'effetto il più generale, il più naturale, della causa prima, e la di cui natura dipende, più che ad altro, dallo stato d'aggregazione in cui si trovano le parti costituenti il corpo sovra di cui si spiega l'ener-

gia delle forze esteriori. Di modo che un cangiamento dello stato solido, od altro, di quel corpo può far cessare sotto l'azione di quelle stesse forze, quei fenomeni che prima potevano esistere; o bene anche produrne de' nuovi, i quali a noi, così poco scienti nel ridurre i differenti effetti a delle equivalenti quantità di una stessa specie, richiedono specie differenti di misura, fra loro incomparabili. Così, per esempio, l'effetto il più naturale corrispondente all'aggiunta di calore ad un corpo è la sua dilatazione; ma nei liquidi esso può aver luogo assai più facilmente che nei solidi, e talora in questi ultimi ora più ora meno secondo i diversi stati di cristallizzazione, e con vario modo nelle varie direzioni. Contemporanei a quel primo effetto sono i fenomeni presentati dalle turmaline e dal bismuto ec., e da altri corpi più o meno cristallizzati; fenomeni di elettricità disposta in equilibrio sulla superficie de' corpi, oppure di correnti elettriche, nelle loro intensità e direzioni dipendenti dalle forme diverse delle masse entro cui circolano, e così in intima relazione colle intensità e direzioni dei massimi e minimi flussi di calore, che con esse hanno luogo, non che solo collo stato di aggregazione delle molecole.

È dunque ragionevole il supporre che lo stato liquido possa, se non distruggere, almeno diminuire gli effetti termo-elettrici. Intendo però io pure che d'altre circostanze si dovrà ancora tener conto, che della differente dilatabilità dei corpi nello studio di que' fenomeni. Ma resterà sempre dovere dell'osservatore, che vorrà risalire alla spiegazione dei fenomeni termo-elettrici, l'esaminare il caso importante in cui v'è un cambiamento di stato nei corpi che hanno la proprietà di produrli.

R. Felici

Teoria matematica del circuito galvanico

DEL DOTT. HOM.

Traduzione dal tedesco, del Dott. Achille Perugia.

(*Continuazione. Vedasi la pag.* 96. *del Fasc. antec.*)

Questa quantità di elettricità $\alpha m m'$ è sempre una quantità costante nelle stesse circostanze per i due elementi E ed E' invariabili di posizione, per la qual cosa noi potremo adoperarla nella determinazione f della conducibilità.

Infatti indichiamo con q la quantità di elettricità trasportata dall'elemento E' all'elemento E nell'unità di tempo, essendo la differenza delle loro forze elettroscopiche costante ed uguale all'unità di forza si avrà $q = \alpha m m$ ed allora $\varkappa = \alpha m m' s$.

Prendendo da questa ultima equazione il valore di $\alpha m m'$ e sostituendolo nell'espressione $\alpha m m' (w' - u) dt$, si avrà per la quantità variabile di elettricità passata nel tempuscolo dt da E' in E la seguente espressione

$$\frac{\varkappa (u' - u)}{s} dt, \qquad (i)$$

la quale non è accompagnata, come si vedrà fra poco, dalla non omogeneità dei termini dell'equazione differenziale.

7.° Fin ora abbiam supposto che l'azione esercitata da un elemento su di un altro sia proporzionale al prodotto dei loro volumi; questa supposizione però, come abbiam già osservato nel num. 4, non è più ammissibile nel caso in cui si tratti dell'azione reciproca di due elementi infinitamente prossimi, perchè essa stabilisce o una relazione tra la grandezza degli elementi del corpo e la loro reciproca distanza, o prescrive una forma determinata a que-

sti elementi. Non è dunque un tenue pregio dell' espressione (i) quello di esser del tutto indipendente da quella supposizione, quindi ciò che in un caso particolare v'a posto in luogo del prodotto $m m'$ non muta mai l' espressione (i) perchè questo cambiamento concerne solo la conducibilità $\varkappa$.

Sia per es. come abbiam detto al num. 4 F la funzione delle dimensioni e della distanza media dei due elementi corrispondente ad un tal caso, allora visibilmente si muta non solo l' espressione $\alpha m m' (u' - u) d t$ in $F (u' - u) d t$ ma anche l' equazione $\varkappa = \alpha m m' s$ in

$$\varkappa = F s ; \qquad (j)$$

cosicchè se si rileva il valore di F da quest' ultima equazione, e si mette nella prima espressione, si ottiene da capo l' espressione (i) medesima.

È pur da osservarsi che l' espressione (i) vale anche per le parti del corpo le cui dimensioni non sono infinitamente piccole, quando però in ogni punto di ciascuna di quelle parti si trova la stessa forza elettroscopica.

Da ciò si vede come le nostre considerazioni si adattano bene allo spirito del calcolo differenziale, poichè la omogeneità di tutti i punti, rispetto alle proprietà che si fanno entrare nel calcolo, è appunto l'indizio decisivo che richiede il calcolo differenziale per ciò che esso ha da assumere come elementi.

Se si farà un paragone più profondo del processo di Laplace con quello proposto da noi, si giungerà a dei termini di confronto non del tutto privi di interesse. Quando cioè si riflette che tutti i rapporti particolari debbono avere lo stesso valore per masse infinitamente piccole a distanze infinitamente piccole, come per masse finite, a distanze finite, non si vede tosto come il metodo nell'immortale Laplace, secondo il quale metodo gli elementi vanno sempre trattati come se fossero tra loro a distanze finite poteva tuttavia condurre a risultati esatti; ma un esame più attento ci farà vedere che in fatto esso faceva altro che

quello che diceva di fare. In fatti quando Laplace determinando i cambiamenti di un elemento per mezzo di tutti quelli che lo circondano, fà sparire le potenze più alte della distanza rispetto alle potenze più basse, viene a supporre con ciò, nel vero senso del calcolo differenziale l' estensione dell' azione infinitamente piccola, però la dice finita e come tale lo tratta, d' onde si vede chiaro che egli tratta come quantità finita l' infinitamente piccola a distanza infinitamente piccola.

Volendo anche prescindere dalla maggior precisione ed evidenza che accompagnano il nostro modo di rappresentarci la cosa, forse si troverà qualche cosa a ridire su quello di Laplace in favore del nostro, riflettendo che questo non ha alcun riguardo a ciò che possono offrire di particolare gli elementi *dati* del corpo, e non si occupa che degli elementi *immaginati* nello spazio, con la qual cosa si viene ad escludere del tutto la natura fisica del corpo. Così per esempio possiamo figurarci nella natura corpi che constano di elementi tutti uguali, ma la cui posizione reciproca può in una direzione esser diversa da quella che è in un altra; allora tali corpi potrebbero, come mostra subito la nostra ipotesi, condurre l' elettricità in una direzione in un certo modo, in una altra direzione in modo diverso, abbenchè essi potrebbero apparire omogenei e della stessa densità, e in tal caso si dovrebbe seguendo Laplace ricorrere a considerazioni estranee al metodo generale. Reciprocamente il modo nel quale i corpi conducono l' elettricità ci offre il mezzo di dedurre l' interna struttura di essi, il quale mezzo noi non ci lascieremo sfuggire stante la totale mancanza di nozioni intorno ad essa (1). Concludiamo, aggiungendo che la nostra

(1) Quantunque Laplace non estenda l' integrale che ad una distanza insensibile, il numero degli elementi contenuti in questa estensione potendosi considerare grandissimo, il valore dell' integrale rispetto ai fenomeni che si considerano ha un valore sensibile e commensurabile co' nostri strumenti, quindi secondo noi la dimostrazione di Laplace sussiste ancora. N. del Traduttore.

ipotesi riunisce in se quella di Laplace, e quelle che Fourier ha adottato nel suo trattato sul calore, e quasi mette d' accordo queste due.

8.° Ora non avremo più difficoltà alcuna ad ammettere che l' azione elettrica di un elemento di un corpo non si estenda al di là degli elementi contigui che lo circondano, cosicchè l' azione a distanza finita benchè piccolissima deve esser considerata come nulla.

Potrebbe altresì parere difficile l' ammettere una così piccola estensione d' azione visto la quasi infinita celerità con cui l' elettricità percorre alcuni corpi, però noi nell' ammetterla non abbiamo tralasciato di far osservare, come il nostro paragone in tali casi si faccia mediante una misura sensibile e relativa la quale talora inganna, e noi non ci crederemo autorizzati a cambiar una legge tanto semplice ed indipendente finchè le conseguenze da essa dedotte non sieno in contraddizione colla natura il che tuttavia non sembra accadere nel nostro oggetto.

L' estensione dell' azione così da noi stabilita benchè infinitamente piccola è la medesima di quella introdotta da Laplace e così detta finita, nei casi dove questi fà sparire le potenze superiori della distanza in confronto alle inferiori, del che può scorgersi il fondamento nel già detto.

L' ipotesi che l' azione si estenda ad una distanza infinita, corrisponderebbe secondo noi al caso in cui Laplace conserva anche le potenze superiori della distanza rispetto alle inferiori.

9.° I corpi nei quali noi osserviamo i fenomeni elettrici sono nella maggior parte dei casi circondati dall' aria, bisogna dunque aver anche riguardo ai cambiamenti che possono esser cagionati sull' aria circostante. Secondo le esperienze che ci ha lasciato Coulomb sulla dispersione dell' elettricita per l' aria circostante, la perdita di forza in un tempo costante piccolissimo almeno per intensità non molto considerevoli, è proporzionale alla carica elet-

trica, e dipende anche da un coefficente che varia al variar dello stato dell'atmosfera, e che è invariabile per una stessa atmosfera.

Quest'esperienza sarà in caso di far entrar nel calcolo l'influenza dell' aria sui fenomeni galvanici, quando sarà necessario. Non è da lasciar qui inosservato che gli sperimenti di Coulomb sono stati fatti sull' elettricità già in equilibrio, la quale le osservazioni ed il calcolo ci hanno mostrato rimanere alla superficie dei corpi, o almeno penetrare ad una piccola profondità nel loro interno; di qui si deduce la conseguenza pel nostro oggetto abbastanza interessante, che in quelle esperienze tutta l'elettricità esistente prendeva una parte immediata al passaggio nell' aria.

Quest'osservazione, e la legge per la quale due elementi di un corpo situati a distanza finita, qualunque essa siasi non esercitano nessuna azione reciproca immediata, ci autorizzano a conchiudere che quando la elettricità nell'interno di un corpo limitato si propaga uniformemente, o in modo tale che una quantità di essa, proporzionalmente assai grande, non sia ritenuta in vicinanza della superficie, (il qual caso generalmente non avviene nell'elettricità in movimento) la perdita dell' elettricità per l'aria circondante non può esser che assai tenue in confronto a quella che ha luogo quando tutta la forza sta alle superficie, come accade sempre nell'elettricità statica.

Si può riferirne ancora che l'aria non esercita alcuna influenza sensibile sui fepomeni galvanici nel circuito chiuso, quando questo è composto di buoni conduttori, e che i cambiamenti prodotti dalla presenza dell' aria nei fenomeni dell' elettricità di contatto, in tali casi possono trascurarsi. Questa conseguenza è convalidata dalla circostanza che in questi casi l'elettricità di contatto si trattiene un brevissimo tempo entro i conduttori; e perciò ne andrebbe una tenuissima parte nell' aria, quandanche fosse tutta in contatto immediato con questa.

Benchè per quanto si è detto sia fuor di dubbio che l' aria non abbia alcuna influenza sull' energia dell' azione dei soliti circuiti galvanici, non si deve però in niun modo ammetter per vera la conclusione inversa; cioè che il conduttore galvanico non abbia alcuna influenza rimarchevole sulle condizioni elettriche dell' aria, poichè l' azione elettroscopica di un corpo su d' un altro non ha come il calcolo insegna, nessuna relazione immediata colla quantità di elettricità che da uno di quei corpi vien data all' altro.

10.° Finalmente veniamo al principio esperimentale tanto importante per tutte le scienze naturali, e che è il fondamento di tutti i fenomeni che noi indichiamo col nome di galvanici, che si esprime così. Quando corpi eterogenei si toccano conservano sempre al luogo del contatto una e medesima differenza tra le loro forze elettroscopiche, in virtù di un antagonismo che deriva dal loro essere. Questa differenza si deve esprimere colle parole *tensione elettrica.*

Il principio così enunciato senza perdere in semplicità conserva tutta la generalità che gli si conviene, perchè quasi in ogni fenomeno bisogna ricorrere ad esso. Egli è ammesso in tutta la sua generalità, se non espressamente almeno tacitamente da tutti i fisici per ispiegare i fenomeni elettroscopici della pila del Volta. Secondo la maniera in cui ci rappresentiamo il modo d' agire degli elementi l' uno su l' altro, dobbiamo cercare la sorgente di questi fenomeni negli elementi che sono contigui, e dobbiamo immaginarci che il passaggio subitaneo succeda in una estensione infinitamente piccola da un corpo all' altro.

11.° Così preparate le cose, andiamo ora al nostro argomento, e consideriamo da prima il movimento delle elettricità in un corpo prismatico o cilindrico, nel quale tutti i punti di ciascuna sezione perpendicolare all' asse del corpo posseggano la stessa forza elettroscopica, così che il movimento dell' elettricità non possa aver luogo che secon-

do la direzione dell' asse. Immaginiamoci questo corpo diviso da queste sezioni in tanti prismi (supponendo il corpo prismatico) di spessore infinitamente piccolo, in maniera tale che in tutto il contorno di ciascuno di questi prismi la forza elettroscopica non muti; Allora evidentemente a ciascun peso di questi prismi si potrà applicare l' espressione (i) del numero 4, per determinare la quantità di elettricità che da uno di essi passa all' altro; ma siccome abbiamo stabilito non estendersi l' azione che a distanze infinitamente piccole, la natura di quella espressione sarà modificata, in ciò che essa diverrà nulla tostochè il divisore cesserà d' essere infinitamente piccolo.

Prendiamo ora l'origine delle ascisse invariabilmente in una delle infinite sezioni, ed immaginiamocene in un luogo qualunque un' altra la cui distanza dalla precedente indicheremo con x, cosicchè dx rappresenti lo spessore del prisma corrispondente il quale indicheremo con M. Figuriamoci questo spessore del prisma uguale in ogni luogo, e chiamiamo u la forza elettroscopica che si trova al tempo t nel prisma M, la cui ascissa è x, cosicchè u sia in generale una funzione di x e di t.

Rappresentino u' ed u_1 funzioni che si ricavano da u quando si pone in esso per x, $x+dx$ ed $x-dx$, allora $u'+u_1$, esprimeranno evidentemente le forze elettroscopiche dei due prismi che stanno accanto alle due basi del prisma M; dei quali designeremo con M' quello appartenente all' ascissa $x+dx$ e con M_1 quello appartenente all' ascissa $x-dx$; È chiaro che la distanza del punto di mezzo del prisma M, ai punti di mezzo dei prismi M' e M_1 è uguale a dx. Dunque in conseguenza dell' espressione (i) data al N.° 6, quando s è il poter conduttore del prisma M' al prisma M_1 la quantità di elettricità che nel tempuscolo dt passa dal prisma M' al prisma M è rappresentata da

$$\frac{s(u'-u)dt}{dx}.$$

Quando l'elettricità passa da M ad M', $u' - u$ è negativo.

Parimente quando si ammetta esistere la stessa conducibilità tra M, ed M_1 di quella che esiste tra M ed M' la quantità di elettricità che da M_1 passa ad M è

$$\frac{\varkappa (u_1 - u) dt}{dx},$$

la quale espressione diventa negativa quando il passaggio ha luogo da M ad M_1. Tutti i cambiamenti di quantità d'elettricità che subisce nel tempuscolo dt il prisma M, pel movimento dell'elettricità nell'interno dei corpi son dati dalla espressione

$$\frac{\varkappa (u' + u_1 - 2u) dt}{dx};$$

questo valore, se sarà positivo esprimerà un aumento di quantità di elettricità, se negativo una diminuzione.

Pel teorema di Taylor

$$u' = u + \frac{du}{dx} . dx + \frac{d^2 u}{dx^2} . \frac{dx^2}{2} + \text{ec.}$$

$$u_1 = u - \frac{du}{dx} dx + \frac{d^2 u}{dx^2} . \frac{dx^2}{2} + \text{ec.}$$

D'onde,

$$u' + u_1 = 2u + \frac{d^2 u}{dx^2} - dx^2;$$

per la qual cosa l'espressione trovata or ora di tutti i cambiamenti che avvengono nel tempo dt, nella quantità di elettricità che si trova nel prisma M, si cangia in

$$\varkappa \frac{d^2 u}{dx^2} dx\, dt$$

ove $\varkappa$ rappresenta la conducibilità che noi assumiamo invariabile per tutta la lunghezza del corpo omogeneo, e che esiste tra un prisma ed il contiguo. E qui è da osservarsi che questo valore $\varkappa$, per non estendersi l'azione che a distanze infinitamente piccole, varia proporzionalmente alla sezione del corpo prismatico o cilindrico. Indi-

cando con ω questa sezione trasversale, togliendo questo fattore dal valore $\varkappa$, e conservando la stessa denominazione $\varkappa$ alla parte che resta, l' espressione precedente si muta in

$$\varkappa\,\omega\,\frac{d^2u}{dx^2}\,d\,x\,dt\,,$$

ove o a questo $\varkappa$ rappresenta la conducibilità del corpo indipendentemente dalla grandezza della sezione, e che noi chiameremo conducibilità *assoluta* del corpo, in opposizione alla precedente che potremo chiamare conducibilità *relativa*. D' ora innanzi indicheremo colla sola parola *conducibilità* la conducibilità assoluta.

Fin qui non ci siam dati pensiero dei cambiamenti che il prisma subisce per l' aria circostante. Questa influenza può determinarsi così.

Sia C il contorno del prisma appartenente alla ascissa x, sarà cdx la parte della sua superficie che confina coll' aria. Quindi il cambiamento della quantità di elettricità che subisce il prisma M pel passaggio dell' elettricità nell' aria, nell' elemento di tempo dt, sarà per le esperienze di Coulomb citate al numero 9

$$bcudx\text{-}dt,$$

ove b rappresenta un coefficente costante per la stessa atmosfera, variabile al variar dello stato di questa.

Quell' espressione indica un aumento quando u è negativo una diminuzione quando u è positivo.

In conseguenza della nostra ipotesi quest' azione dell' aria non deve esser seguita da nissuna disuguaglianza nelle forze eletrroscopiche di una stessa sezione del corpo, o almeno deve questa disuguaglianza esser così tenue da non recare nessun cambiamento sensibile nella determinazione delle altre quantità; una tal circostanza deve sempre supporsi esistere nel circuito galvanico.

Perciò tutti i cambiamenti che subisce il prisma M rappresenta alla quantità d' elettricità nel tempo dt è

$$\varkappa\omega \frac{d^2u}{dx^2} dx\,dt - bcudxdt,$$

ove è compresa la parte di cambiamento prodotta dal movimento dell' elettricità nell' interno dei corpi, e la parte di cambiamento operato dall' aria circostante.

Ma tutto il cambiamento, che nel tempuscolo dt, avviene nella forza elettroscopica u la quale si trova nel prisma M è $\frac{du}{dt} dt$, dunque tutto il cambiamento di quantità di elettricità nel tempo dt nel prisma M è $\omega \frac{du}{dt} dx\,dt$, ove intanto è supposto che in ogni circostanza corrisponde ad un egual cambiamento di quantità di elettricità un ugual cambiamento di forza elettroscopica. Se l' esperienza ci mostrasse che i differenti corpi di ugual superficie subiscono per una stessa quantità di elettricità una variazione diversa delle loro forze elettroscopiche, allora si dovrebbe aggiungere all' espressione di sopra un coefficente P, il quale stesse a misurare questa proprietà dei corpi differenti. L' esperienza non ha ancora deciso su questa congettura tolta dal modo di contenersi del calore coi corpi.

Uguagliamo le due espressioni della totale variazione della quantità di elettricità che ha luogo nell' elemento di tempo dt nel prisma M, e dividiamo tutti i termini dell' equazione che ne risulta per $\omega dxdt$, si ritrova

$$P\frac{du}{dt} = \varkappa \frac{d^2u}{dx^2} - \frac{bc}{\omega} u \quad (a)$$

per mezzo della quale si deve determinare la forza elettro-scopica u in funzione di x e di t.

12.° Abbiamo trovato nel precedente numero, pel cambiamento della quantità di elettricità che nel tempo dt ha luogo tra i prismi M ed M', l' espressione

$$\frac{\varkappa(u-u)\,dt}{dx},$$

ed abbiamo veduto che il passaggio dell'elettricità è in senso opposto alla direzione dell'ascisse quando l'espressione suddetta è positiva, nel senso delle ascisse quando essa è negativa.

Parimenti l'energia del passaggio tra M_1 e M è data da

$$\frac{\varkappa(u_1-u)\,dt}{dx}.$$

Se conserviamo la stessa convenzione quanto alla sua direzione. Sostituiamo in ambedue queste espressioni i valori dati nel numero precedente di u ed u', ed invece di $\varkappa$ poniamo $\varkappa u$, cioè la conducibilità assoluta invece della relativa; otterremo nei due casi $\varkappa\omega\frac{du}{dx}dt$, d'onde segue che la medesima quantità di elettricità che entra per una delle basi del prisma nel tempo stesso dt, esce dalla base opposta di quel prisma. Immaginiamo questo movimento progressivo di elettricità che ha luogo al tempo t nel prisma M appartenente all'ascissa x, riferito all'unità di tempo e di forze invariabili e chiamiamolo *corrente elettrica*, indicando con S la grandezza di questa corrente sarà

$$S=\varkappa\omega\frac{du}{dx}; \quad (b)$$

nella quale espressione i valori positivi di S danno a conoscere che la corrente va in direzione contraria a quella delle ascisse, i negativi che essa va nella stessa direzione.

13.° Nei precedenti numeri abbiamo sempre avuto dinanzi un corpo omogeneo prismatico, ed abbiamo ricercata la propagazione dell'elettricità supponendo che in tutta l'estensione di ogni sezione perpendicolare alla di lui lunghezza o al di lui asse, esistesse una medesima forza elettro-scopica in un tempo qualunque. Ora esamineremo il caso in cui due corpi prismatici A e B così costituiti, di sostanze differenti, sono situati l'uno accosto all'altro e si toccano in una base comune. Fissiamo per ambidue

i corpi la stessa origine delle ascisse, ed indichiamo con u la forza elettroscopica del corpo A, e con u' quella del corpo B; tanto u quanto u' saranno determinate dall'equazione (a) del N.° 11, purchè si dia ciascuna volta a $\varkappa$ il valore corrispondente alla sostanza particolare di ognuno dei corpi; però u è tale funzione di x e di t che non ha valore se non quando l'ascissa x corrisponde ad un luogo del corpo A, u' al contrario rappresenta una tal funzione di x e di t che non ha valore se l'ascissa x non corrisponde ad un punto del corpo B. Ma alla superficie di contatto hanno luogo delle particolari condizioni che noi analizzeremo.

Indichiamo perciò i valori particolari che u ed u' prendono alla superficie di contatto mettendo tra parentesi i valori generali; allora, secondo la legge stabilita nel numero 10, esiste tra i due valori particolari la seguente equazione,

$$(u) - (u') = a$$

ove a rappresenta una quantità dipendente dalla natura dei due corpi, ma del certo costante.

Oltre a questa condizione che si riferisce alle forze elettroscopiche, havvene un'altra la quale è relativa alla corrente; e consiste in ciò che la corrente elettrica deve, vicino alla superficie di contatto, esser di ugual grandezza ed aver la stessa direzione in tutti i due corpi, ossia che conservando il fattor comune deve essere

$$\varkappa \omega \left(\frac{du}{dx} \right) = \varkappa' \omega \left(\frac{du'}{dx} \right)$$

ove $\varkappa$ rappresenta la conducibilità assoluta del corpo A, $\varkappa'$ quella del corpo B, e $\left(\frac{du}{dx} \right)$, $\left(\frac{du'}{dx} \right)$ indicano i valori particolari di $\frac{du}{dx}$, $\frac{du'}{dx}$ in prossimità della superficie di contatto, di più si suppone che la origine delle ascisse non sia in quella superficie. La necessità di quest'ultima equazione si vede facilmente, poichè se le due

correnti non fossero di egual grandezza alla superficie di contatto, e se uno dei corpi ne dasse a questa superficie più di quanto le ne vien tolta dall' altro corpo, e se questa differenza fosse una parte finita di tutta la corrente, la forza elettroscopica dovrebbe quivi crescere e mercè la quantità straordinaria di corrente giungere in un tempo brevissimo ad un altissimo grado, il che è negato da gran tempo dall' esperienza. Nè può uno dei corpi dare alla superficie di contatto una quantità di elettricità minore di quella che le è tolta dall' altro corpo, poichè questa circostanza dovrebbe farsi palese con una gran quantità di elettricità negativa.

Non è necessario perchè le precedenti determinazioni valgano che i due corpi abbiano la stessa base; la sezione trasversale di uno dei corpi prismatici può benissimo aver una forma ed una grandezza diversa di quella dell' altro, purchè la forza elettroscopica nei diversi punti di una medesima sezione non divenga sensibilmente diversa; stante la grande energia con cui l' elettricità tende a porsi in equilibrio, questo sarà sempre il caso quando i corpi sono buoni conduttori e le cui lunghezze superino d' assai le altre dimensioni.

In tal caso tutto resta come prima se non chè va dappertutto distinta la sezione di A da quella di B, e quindi la seconda equazione di condizione per la superficie di contatto si muta nella seguente

$$\varkappa\omega\left(\frac{du}{dt}\right)=\varkappa'\omega'\left(\frac{du'}{dt}\right)$$

ove la sezione del corpo A è sempre rappresentata da ω, ma quella ω' del corpo B ora è diversa dalla precedente.

Possono altresì trovarsi nel prolungamento del corpo A due corpi prismatici B e C l' un dall' altro divisi, ma ambidue giacenti immediatamente accanto ad una delle basi del corpo A. Sieno allora $\varkappa'$, ω', u' pel corpo B, $\varkappa''$, ω'', u'' pel corpo C ciò che $\varkappa$, ω e u sono pel corpo A, ot-

terremo in luogo della prima delle equazioni di condizione, le due seguenti

$$(u)-(u')=a,\ (u)-(u'')=a',$$

ove a rappresenta la tensione elettrica tra A e B ed a' quella tra i corpi B e C.

In luogo poi della seconda equazione di condizione si ottiene questa

$$\varkappa\omega\left(\frac{du}{dx}\right)=\varkappa'\omega'\left(\frac{du'}{dx}\right)+\varkappa''\omega''\left(\frac{du''}{dx}\right).$$

Si scorge subito come queste equaz. debbano mutarsi quando più corpi vengono uniti insieme. Noi non considereremo più oltre questi casi più complicati, perchè ciò che si è detto basta a mostrare quai cambiamenti subiscono in questi casi le equ. Onde evitar le false interpretazioni io indicherò ora esattamente, concludendo colle mie osservazioni generali, il circolo delle applicazioni entro il quale le une formule valgano in generale.

Tutte le nostre ricerche sono limitate al caso in cui tutte le parti di una medesima sezione trasversale posseggano la stessa forza elettroscopica, è la grandezza delle sezioni varia solamente da un corpo all' altro. La natura della cosa è intanto frequentemente accompagnata da circostanze le quali rendono l'una o l'altra di queste condizioni superflua, o almeno ne sceman l' importanza.

La cognizione di queste circostanze non è dunque inutile, e con un esempio ne indicheremo le principali.

Le formule precedenti possono benissimo applicarsi ad una pila di rame, zinco e di un liquido; se il rame e lo zinco sono prismatici e di ugual tensione, se di più il liquido è ugualmente prismatico e di tensione uguale, o minore di quella dei metalli, e quindi se questi toccano in tutti i punti le superfici limiti dei liquidi.

Anche quando soltanto queste ultime condizioni risguardanti il liquido sono soddisfatte, la pila dovrà ubbidire alle leggi dedotte dalle nostre formule; potranno quindi i metalli avere o nò la stessa sezione, potranno esser in

contatto in tutta l'estensione delle loro sezioni o soltanto in alcuni punti di esse; la forma loro potrà allontanarsi dalla primitiva. Quindi il movimento dell'elettricità, che nei metalli succede con tanta facilità, sarà tanto ritenuto dalla cattiva conducibilità del liquido da poter guadagnare abbastanza tempo da propagarsi con ugual energia sui metalli, e così ristabilire nei liquidi le condizioni fondamentali del nostro calcolo.

La cosa però procede altrimenti quando una parte proporzionalmente assai piccola delle superficie del liquido prismatico è in contatto coi metalli, perchè l' elettricità che ivi si reca non può arrivare che lentamente e con una perdita notevole di forze ai punti della base del liquido non toccata dai metalli, dal che ne risultano correnti che sono di natura diversa e che hanno direzioni diverse.

L' esistenza di queste correnti è stata sufficientemente dimostrata con variate esperienze da Pohb, ed ora che il calcolo è tanto arricchito dai lavori, così fertili di conseguenze, sulla teoria del calore, nulla osta alla determinazione matematica di quelle correnti, se non la complicazione delle espressioni. Però siccome questa determinazione sorpasserebbe d' assai i limiti di questo scritto, il quale non considera che le correnti le quali si propagano in una sola dimensione, così la serbiamo per un tempo più opportuno.

Ora passiamo all'applicazione delle formule stabilite e per maggior facilità dividiamo il tutto in due parti; nell'una delle quali tratteremo dei fenomeni elettroscopici, nell'altra dei fenomeni della corrente elettrica.

(*sarà continuato*)

NOTIZIE SCIENTIFICHE

Ricerche esperimentali sull' elettricità. 29, 30, 31, *Serie delle memorie del Sig. Michele Faraday.*

Nel fascicolo ultimo dell'anno 1845 di questo giornale ci affrettammo a render conto delle ultime scoperte del Sig. Faraday, raccogliendole da alcuni estratti trovati in varj giornali, e più ancora da lettere a me dirette dal medesimo fisico e dal Prof. Grove. Dobbiamo all' amicizia dell' illustre fisico di possedere già l' intera memoria, prima che sia diffusa la parte prima delle *Philosophicals Transactions* dell' anno 1846, di cui fa parte. Per la qual cosa siamo in grado di riparare alle ommissioni fatte nell'articolo del fascicolo citato. E qui dobbiamo dichiarare che, se ciò non ci fosse stato vietato dai limiti che abbiamo assegnati al Cimento, avremmo preferito di pubblicare l' intera memoria, molto più che darne un semplice estratto. Ci dispensiamo dal descrivere l' apparecchio già assai noto con cui Faraday ha scoperta la rotazione del piano di polarizzazione di un raggio che traversa un pezzo di boro-silicato di piombo, sotto l'azione di una calamita, e disposto normalmente alla linea dei poli. Agendo con l' elettro-calamita, Faraday ha trovato che la rotazione del raggio sotto l' azione magnetica non accadeva immediatamente dopo la chiusura del circuito; ma che per due secondi seguita a crescere l' intensità dell' immagine. Questi effetti sono dall' A. attribuiti al tempo richiesto onde il ferro acquisti il suo magnetismo. Faraday ha cercato se i corpi nell' atto in cui subivano l' azione del magnetismo mostravano una variazione qualunque in una *azione specifica magneto-induttiva*; e a questo fine gli ha posti in varie masse, e in

varie posizioni, fra calamite e aghi magnetici, avendo nello stesso tempo disposti vari mezzi delicati per scoprire una differenza fra essi e l'aria, ma nulla ottenne. Faraday ha fatto agire la calamita sopra acqua, alcool, mercurio, ed altri fluidi, contenuti in termometri molto delicati per scoprire se vi era differenza di volume, ma anche questa ricerca fu vana.

Diamo qui la tavola dei gradi di rotazione indotti sul raggio sotto l'azione della stessa calamita. Chiamando 1 il poter rotatorio dell'acqua, avremo per l'olio di trementina 11,8, per il boro-silicato 6,0; per il silicato 2,8 per il sal gemma 2,2. La scarica della bottiglia di Leida attraverso a quei corpi, parallelamente o perpendicolarmente al raggio polarizzato, non produsse effetto visibile; e lo stesso risultato ottenne facendo passare la corrente attraverso all'acqua e alle diverse soluzioni mentre il raggio passava. E questo passaggio non disturbò neppure l'azione della calamita sopra il raggio.

Nella trentesima serie Faraday descrive le esperienze sulle proprietà dei corpi da lui chiamati diamagnetici, cioè sulla repulsione dalla calamita presentata da certi corp, e sul porsi che fa un cilindro di bismuto perpendicolarmente alla linea dei poli della medesima, quando venga sospeso orizzontalmente in mezzo ad essi; di questo fatto abbiamo già reso conto. Faraday ha cercato vedere l'influenza, sulla proprietà dei corpi diamagnetici, dello stato divisione e nulla trovò; e nulla ancora dell'azione reciproca fra i corpi diamagnetici.

Nella trentunesima serie egli continua lo stesso soggetto della trentesima. Egli cita dapprima un fatto per provare che il ferro anche ad un alta temperatura, in presenza di una calamita molto forte si magnetizza mettendosi nella linea dei poli. Indi parla del magnetismo presentato dalle soluzioni ferruginose, e trova che tanto queste quanto quelle dei corpi diamagnetici, sotto l'azione

della calamita fanno rotare il raggio nella stessa direzione. Egli descrive pure l'esperienze fatte, per studiare l'azione dell'elettro-calamita, sopra le soluzioni ferruginose contenute in tubi di vetro immersi in mezzi o diamagnetici, come l'aria, l'acqua e l'alcool, o in mezzi più o meno magnetici delle soluzioni stesse. Quando erano immersi nell'aria, nell'acqua e nell'alcool si mettevano nella linea dei poli; ma se lo erano nelle soluzioni ferruginose i risultati erano diversi. Quando la soluzione aveva la stessa densità fuori e dentro, il tubo era indifferente in tutte le posizioni. Se la soluzione era meno densa fuori che dentro, il tubo si metteva nella linea dei poli; mentre, invece, se la soluzione più densa era al di fuori, il tubo si disponeva come il cilindro di bismuto nell'aria.

Faraday ha osservata nulla l'influenza del calore sulle proprietà dei corpi diamagnetici. E dopo un gran numero di esperienze fatte per scoprire l'azione della calamita sopra i corpi gassosi, conclude, che i gas e i vapori tengono un posto intermedio fra i corpi magnetici e i diamagnetici; tutti agiscono egualmente qualunque sia la loro densità e natura, e tutti si comportano apparentemente come il vuoto perfetto. Così dei corpi che solidi o liquidi sono fortemente diamagnetici, perdono affatto questa proprietà allo stato di vapore.

Fisiologia sperimentale

Nel rapporto letto dal Sig. Payen all'Accademia delle Scienze di Parigi nella seduta dei 23. Maggio 1846. sopra le diverse comunicazioni fatte dal Sig. Mialhe sulla *digestione e assimilazione delle fecule e dello zucchero*, risulta che la Commissione ha verificato esistere nella saliva umana un corpo capace di convertire l'amido in glucosa, esser questa saccarificazione istantanea sottomettendo all'azione della saliva la soluzione d'amido filtrato e a

caldo, avere questo corpo tutti i caratteri della diastasi vegetabile, ma esser prudente di attendere ancora prima di dichiarare l'identicità delle due diastasi, animale e vegetabile. La Commissione sembra anche disposta ad accordare una qualche importanza alle idee dell'Autore sull'origine del diabete. Secondo queste non potendo accadere l'assimilazione dello zucchero che in presenza degli alcali, il diabete si produrrebbe per la mancanza di questa assimilazione, e più precisamente pel difetto d'alcalinità nel sangue. Per lo che l'uso degli alcali e dei loro carbonati o della magnesia nel diabete, già predicato dalla pratica, sembrerebbe appoggiato dall'esperienza.

Della differenza presentata nei fenomeni della digestione e della nutrizione fra gli animali erbivori e i carnivori.

Memoria del Sig. Bernard di Villefranche.

Abbenchè sia a desiderarsi che i risultati dell'esperienze del Sig. Bernard siano confermati, non possiamo astenerci dal parlarne per l'importanza molta che hanno.

Nei carnivori nutriti esclusivamente di carne e uccisi sotto la digestione si trova;

1.° Il chimo acido negl'intestini tenui.

2.° Il chilo grasso, omogeneo, lattiginoso.

3.° Le urine limpide e acide.

Negl'erbivori nutriti esclusivamente d'erbe e carote si trova:

1.° Il chimo alcalino nell'intestino tenue.

2.° Il chilo limpido come la linfa.

3.° Le urine intorbidate, bianche e assai alcaline.

Ammessi questi risultati l'A. ha cercato quale era lo stato delle urine nelle due classi d'animali indipendentemente dal modo dell'alimentazione: dopo una dieta di 38

ore tanto negl' uni che negl'altri le urine sono limpide, e acide e in ambedue egualmente.

A meglio assicurarsi di questo fatto il Sig. B. ha dato agli erbivori della carne, e delle carote e delle patate ai carnivori. Egli avrebbe trovato che corrispondentemente al modo dell'alimentazione, il chimo era acido, il chilo opaco e lattiginoso, le urine acide nei conigli nutriti di carne, e al rovescio nei cani nutriti come lo sono ordinariamente gl'erbivori, il chimo alcalino, il chilo limpido e le urine torbide ed alcaline.

Sarebbe da ciò all'evidenza provato dipendere i caratteri delle urine dalla natura degl'alimenti e dal modo della loro assimiliazione. Citeremo finalmente un altra sperienza del Sig. Bernard: egli iniettò nel sangue d'un cane o coniglio già da molto tempo al digiuno una soluzione di zucchero di canna: in un altro una soluzione di glucosa. Le urine del primo rimasero acide e limpide; quelle del secondo si fecero torbide ed alcaline. Il primo soffrirebbe solamente nello stomaco la trasformazione in glucosa senza di che non potrebbe essere assimiliato: l'altro potrebbe nel sangue venire assimilato.

Sulla produzione delle ossa.

Il Sig. Boussingault determinata la quantità di sali delle ossa di majale a diverse epoche della vita, quella riscontrata negli escrementi resi, e quella che fa parte degli alimenti dati, ha trovato esser quest' ultima in difetto; dal che conclude doversi cercare nei sali dell'acqua bevuta la quantità necessaria agli animali.

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Marzo dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR.	ELETTRICO
1	770,25	+ 10,6	90	770,15	+ 16,4	76	769,50	+ 18,0	73	769,10	+ 12,0	84	+ 18,0	+ 6,0	Bello	N - NO	
2	770,10	11,6	89	770,15	17,2	73	769,65	15,6	80	769,45	12,0	96	18,3	6,5	Bello	SE	
3	770,30	11,0	96	769,30	14,2	84	767,65	15,0	86	767,75	11,2	95	17,5	6,5	Bello	SE	
4	768,10	10,4	96	767,10	12,4	86	766,20	13,85	75	765,70	10,2	93	15,5	8,0	Bello	SE	
5	765,35	11,2	95	764,75	13,6	80	763,50	13,8	82	763,50	10,6	90	14,5	7,5	Nuvoloso	E	
6	762,50	10 0	88	761,50	12,4	80	762,30	13,0	84	762,20	10,4	85	15,0	8,0	Nubi sparse	SO	
7	760,00	12,4	89	760,20	14,1	89	762,50	11,4	89	765,70	10,4	96	15,5	9,0	Nuvoloso	E	
8	762,80	10,2	90	763,20	13,2	82	762,40	12,8	82	761,60	8,4	89	16,0	9,0	Qualche nuvolo	N - NO	
9	756,50	10,0	92	755,20	10,6	93	753,80	10,8	93	752,70	9,0	98	15,7	7,0	Pioggia fine con poco vento	E - SE	
10	755,15	10,4	84	756,20	9,2	84	756,45	8,8	84	756,25	8,4	80	11,5	6,0	Pioggia con poco vento	E	
11	760,35	10,0	73	761,20	10,4	69	764,75	10,0	69	763,50	9,4	64	10,5	6,8	Coperto	E - SE	
12	767,10	9,4	59	767,45	11,2	55	767,60	11,0	56	768,40	8,0	58	11,0	7,0	Qualche nuvolo	E - NE	
13	769,20	10,4	56	768,90	12,2	55	768,15	12,0	59	768,40	8,8	68	12,2	6,5	Bello	E - NE	
14	770,40	10.0	69	770,10	13,8	55	769,35	14,0	57	768,60	10,0	78	14,0	5,0	Bello	SE	
15	769,80	8.6	89	769,30	13,8	84	769,10	14,2	83	766,45	10,0	93	14,3	3,5	Bello	NO	
16	762,20	9,4	95	761,30	14,0	84	760,15	14,2	85	759,75	10,2	90	14,5	7,0	Bello	NO	
17	760,80	13,6	84	760,15	13,8	84	759 70	15,6	84	759,45	11,2	93	15,6	8,5	Coperto	SO	
18	754,50	13,6	92	754,20	15,8	83	754,25	16,0	86	754,15	10,0	93	16,5	9,0	Temp. gran. tuoni plog. vento	O - SO	
19	758,80	10,2	84	760,60	12,4	72	760,80	12,8	79	760,70	9,2	74	16,3	8,0	Bello con vento fortissimo	O - SO	
20	764,40	10,6	84	764,70	10,4	92	763,45	10,6	91	763,40	9,4	92	13,0	6,0	Pioggia	E - SE	
21	758,80	10,2	100	757,30	10,2	100	757,20	11,1	99	757,00	9,4	100	12,0	7,0	Pioggia forte	E - SE	
22	761,30	11,4	78	761,50	12,6	71	760,60	13,4	70	759,80	9,6	85	12,0	5,0	Qualche nuvolo	N	
23	756,80	10,6	90	756,20	14,2	82	755,50	14,0	85	756,70	11,7	93	14,2	5,0	Qualche nuvolo	NE	
24	759,00	12,2	92	760,25	14,8	78	761,10	15,4	75	762,80	11,4	80	16,3	7,5	Bello	SO	
25	762,40	13,2	84	762,10	16,4	77	761,60	16,6	80	761,30	11,8	88	16,6	8,0	Nuvoloso	O	
26	761,70	14,6	87	762,15	15,6	86	761,40	15,0	88	761,80	10,8	98	17,5	9,0	Coperto	S - SE	
27	761,60	15,4	86	762,15	16,0	82	762,10	15,2	84	761,75	12,8	93	16,5	9,0	Coperto	O	
28	760,20	14, 4	89	760,30	15,8	84	759,10	15,2	83	759,20	13,0	92	16,5	9,5	Coperto	O	
29	757,80	13,8	88	754,65	17,6	81	753,20	17,4	80	755,35	12,4	88	19,0	10,0	Nuvolo	O	
30	766,15	13,8	58	766,40	15,4	52	766,25	15,4	55	766,40	13,4	73	18,3	6,0	Bello	S	
31	766,35	11,6	78	765,75	15,6	67	764,70	15,8	68	764,20	12,0	80	16,5	5,5	Nubi sparse	N	
1	764,10	+ 10.8	91	767,77	+ 13,3	83	763,39	+ 12,3	82	763,39	+ 10,1	90	+ 15,7	+ 9,2 . . Media dal 1.° al 10 + 11,6		Pioggia in cent.	
2	763,75	10,6	79	763,79	18,8	73	763.43	13,0	75	763,18	9,6	81	13,8	8,4 . . Media dagli 11 al 20 13,0		Terraz. 10,40	
3	761,10	12,9	85	760 80	14,9	78	760,25	15,0	79	760,57	11 6	86	15,9	9,2 . . Media dai 21 al 31 13,6		Campan. della Primaz. 8,07	
	762,98	10,8	85	764,12	15,6	78	762,36	13,8	79	762,38	10,4	86	15,1	8,9 . . . Media del mese + 12,7			

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Aprile dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saus. surre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR.	ELETTRICO
1	763,70	+ 15,2	76	763,85	+ 16,2	74	762,80	+ 16,4	78	762,80	+ 12,6	68	+ 17,0	+ 9,0	Qualche nuvolo	S	
2	761,38	13,0	91	762,15	16,2	80	761,85	15,8	86	761,25	13,6	94	18,0	8,5	Pioggia con poco vento	O	
3	760,40	15,0	88	760,25	15,4	84	760,15	16,2	81	759,85	13,2	91	17,5	8,5	Nubi sparse	O	
4	758,55	15,4	86	758,70	16,8	82	759,20	15,8	84	759,40	14,2	89	16,5	10,0	Qualche nuvolo	NO	
5	759,75	15,4	85	759,60	18,2	78	757,40	19,0	86	755,65	14,0	88	17.0	10,0	Qualche nuvolo	SE	
6	749,55	17 0	86	748,75	18,0	74	747,80	15,8	82	747,60	14,8	88	19,5	10,0	Bello	O - SO	
7	747,15	15,4	90	746,90	16,4	85	746,40	16,0	79	745,00	13,8	86	18,5	10,0	Coperto	O	
8	747,10	15,2	84	746,85	14,8	83	744,60	13,2	97	745,20	10,8	94	17,3	9,0	Pioggia	NO	
9	746,35	14,0	83	746,75	14,4	81	747,60	15,0	80	751,80	10,6	85	16,0	9,5	Nuvoloso	O - NO	
10	760,10	13,8	81	760,60	17,0	68	761,80	15,8	71	763,10	11,8	84	15,5	6,8	Bello	SE	
11	763,55	13,8	83	763,20	15,8	68	762,75	15,4	75	763,15	13,8	86	17,5	6,0	Bello	SE	
12	764,25	15,0	78	763,80	15,2	83	763,30	15,4	86	764,60	14,8	88	17,5	7,0	Nuvoloso	O	
13	766,70	16,4	82	767,10	18,2	74	766,70	17,4	78	766,10	15,0	86	18,0	8,0	Bello	SE	
14	764,40	16 2	90	763,60	18,6	84	762.70	18,2	83	761,40	15,0	88	19,5	8,0	Bello	SE	
15	760.35	15.6	84	760,60	14,8	95	760,15	17,4	86	760,30	14,6	92	21,0	9,0	Pioggia	E - SE	
16	760,60	13,8	100	760,60	16,8	85	760,60	16,6	80	760,40	12,4	80	15,0	6,0	Bello	SE	
17	758,30	16,8	86	758,60	18,2	78	755 80	18,5	71	754,80	15,4	90	17,3	8,0	Nubi sparse	NO	
18	749,20	14,8	93	748,50	16,4	91	747,55	17,4	90	748,60	15,0	93	19,5	9,5	Pioggia ad intervalli	O	
19	750,10	16,4	75	751,60	17,2	78	751,55	16,8	76	753,70	14,8	77	18,5	10,0	Pioggia	NO	
20	755,80	16,2	71	756,15	18,0	68	756,70	17,2	78	757,35	14,6	86	18,5	10,0	Nubi sparse	NO	
21	758,10	15,4	70	758,15	16,6	76	758,15	16,0	83	758,45	13,6	90	20,3	11,0	Nuvoloso	N	
22	758,80	12,6	98	758,60	12,4	94	758,25	13,4	91	758,40	11,8	94	17,5	9,0	Pioggia	NE	
23	761,15	14,8	81	762,15	15,4	80	762,55	16,4	78	763,10	12,4	86	15,5	8,0	Coperto	O	
24	765,15	14.8	76	764,25	17,8	71	763,55	17,6	76	764,10	14,2	86	17,0	7,0	Bello	SE	
25	763.35	12,6	97	762,65	15,2	85	761,70	18,0	83	762,15	13,4	88	18,5	9,0	Coperto	E - SE	
26	760,85	15,2	85	760,10	17,0	80	759,35	17,8	78	758,25	14,2	90	19,3	8,0	Bello	SE	
27	756.15	15,2	90	755,55	18,0	80	755,55	17,2	85	755,80	14,2	80	19,5	10,0	Nuvoloso	O	
28	759,20	16,8	83	758,50	19,6	71	758,30	18,8	76	757,55	15,2	91	18,5	8,0	Nuvoloso	S - SE	
29	759,95	17,2	85	758,80	21,0	78	759,35	20,2	76	760,15	15,8	86	21,0	10,5	Bello	SE	
30	762,70	19,0	84	762,85	18,8	76	763,75	18,8	80	764,15	16,4	80	22,3	11,0	Bello	SE	
1	755,44	+ 15,1	85	755,44	+ 16,3	79	754,96	+ 15,9	82	755,16	+ 12,9	88	+ 17,2	+ 6,9 . . Media dal 1.° al 10 + 15,9		Pioggia in cent.	
2	759,32	15,5	75	759,27	16,9	80	758,58	17,0	80	759,04	14,5	86	18,2	7,9 . . Media dagli 11 ai 20 16,0		Terraz. 7,19	
3	760,54	15,6	84	760 16	17,2	79	760,05	17,4	81	760,21	14 1	87	18,9	10,1 . . Media dai 21 al 30 16,1		Campan. della Primaz. 8,33	
	758,43	15,4	81	758,39	16,8	79	757,86	16,8	81	758,14	13,8	87	18,1	8,3 . . . Media del mese + 15,7			

GLI EFFETTI DELL' AMBIZIONE

Commedia in Cinqu' Atti

del Dott. GIUSEPPE ROSATI

CONDIZIONI DELL' ASSOCIAZIONE

Le associazioni e distribuzioni per Pisa si fanno alla Tipografia di Rocco Vannucchi.

Le associazioni per il resto della *Toscana* si ricevono in *Firenze* al *Gabinetto Scientifico Letterario* di *G. P. Vieusseux*.

Per il resto dell' Italia presso i corrispondenti del Sig. Vieusseux.

All'Estero:

Per la Francia, presso *F. Klincksick*. 11. *Rue de Lille* a Parigi.

Per l' Inghilterra, presso *Molini, King William Street* a Londra.

Per la Germania, presso *T. Fues* di Tubinga.

I prezzi di associazione da pagarsi anticipatamente, sono:

L. 16. — toscane franco di porto per tutta la *Toscana* sino ai confini; e per tutti quelli che fuor di Toscana si contentano di riceverlo per la via economica libraria, i porti e dazj a carico loro;

L. 28. — franco di porto per la Posta, per il *Regno di Sardegna* e lo *Stato Pontificio*, paesi pei quali si può francare.

N. B. Resta ben inteso che fuor che per il Regno di Sardegna, e lo Stato Pontificio, chi chiederà il Giornale per la Posta, si obbliga a pagare tutte le spese postali.

Anno IV. 1846. *Maggio Giugno*

CIMENTO

GIORNALE

di

FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

COMPILATO

DAI PROFESSORI

MATTEUCCI, MOSSOTTI, PACINOTTI, PILLA, PIRIA,
SAVI PAOLO e SAVI PIETRO

Provando ed osservando

Pubblicato il 1. Luglio

Pisa 1846
Dalla Tipografia di Rocco Vannucchi
Piazza S. Frediano n° 964

SOMMARIO

PILLA. Descrizione dei caratteri del terreno etrurio pag. 189
MATTEUCCI. Sulla contrazione indotta . . . . » 217
SELMI. Alcune osservazioni sul latte di cagna . » 249
OHM. Teoria del circuito galvanico (*Continuazione*). 246
NOTIZIE SCIENTIFICHE. BOUSSINGAULT. Composizione dell' urina degli erbivori . » 267
MILLON. Produzione dell' iodoforme . . . . » 269
SCHUBERT. Preparazione dell' acido butirrico . » ivi
ZIMIN. Azione del solfuro d' Ammonio sull' azobenzide . . . . . » ivi
— Azione del solfuro d' Ammonio sul nitro benzoato d' ammoniaca . . . . . » 270
MULDER. Materie ceree delle piante . . . . » 272
WIGGERS. Sull' idrato dell' essenza di trementina . 273
MERKLEIN e WOHLER. Acido Bezoardico . . » 274
Detto. Colla alterata coll' ebollizione . . . , » 276
Meteorologia. Caduta di areoliti . . . . . » 278
Notizie sopra un pezzo di platino nativo . . . » 281

Descrizione dei caratteri del terreno etrurio.

del Prof. L. Pilla.

In un lavoro che di recente ho pubblicato sono esposti e discussi gli argomenti, i quali, a mio credere, rendono necessaria in geologia la distinzione del terreno etrurio dai depositi cretacei ed eocenici, co' quali è stato quello alternativamente confuso (1). Ora affinchè questo terreno possa trovare il suo convenevole luogo ne' quadri della scienza, ho stimato bene di descriverlo in quella forma, e con quell' ordine con cui sono descritti gli altri terreni ne' trattati di geologia. Così ancora i lettori di questo giornale, a' quali il mio lavoro anzidetto non è conosciuto, potranno avere un idea de' caratteri generali che contrassegnano questo nuovo piano distinto nella serie de' terreni secondari.

Istoria

Da lungo tempo è famoso nella scienza geologica il deposito del *macigno* Toscano, così domandato perchè la roccia arenacea di tal nome ne forma la parte principale. Nel tempo in cui erano in voga le idee werneriane questo deposito fu giudicato appartenere alla *grauvacca*, per una certa rassomiglianza esteriore che il macigno avea con quest' ultima roccia (2). Ma poichè fu osservata la sua posizione sopra al calcare giurassico, convenne riferirlo ad un età assai più recente, e fu giudicato un deposito parallelo alla creta. Di più le osservazioni posteriori fecero conoscere che il macigno formava nel mezzogiorno dell'

(1) *Distinzione del terreno etrurio tra' piani secondari del mezzogiorno di Europa.* Pisa 1846.

(2) Brocchi, *Conchiologia fossile subappennina*, tom. 1. cap. 1. — Tondi, *Elementi di Oreognosia* §. 123.

Europa il piano più recente della creta. Finalmente essendosi veduto che questo deposito era in particolar modo contrassegnato da certe specie di fucoidi, che vi occorrono con molta costanza ed in gran copia, furono considerati come appartenenti alla medesima formazione del macigno tutte le arenarie e gli scisti a fucoidi osservati in altri luoghi di Europa. Di tal novero sono l'*arenaria carpatica*, e *viennese*, il *flysch* delle Alpi ec. Da un altro lato si distingueva in vari luoghi dei Pirenei, delle Alpi, e degli Appennini un calcare impastato di nummuliti, il quale perciò fu dimandato *terreno nummulitico*. L'età di questo terreno è stata negli ultimi tempi soggetto di grandi controversie: perchè in molti punti, anzi quasi da per tutto, contiene un gran numero di conchiglie proprie del terreno terziario inferiore. Ma insieme con queste vi si trovano alcune specie più rare appartenenti alla creta: di più la posizione degli strati è accompagnata da tali circostanze che indicano essere questi piuttosto congiunti col terreno cretaceo che col terziario. Per queste ragioni un gran numero di geologi hanno riguardato il terreno nummulitico come terziario *eocenico*, altri invece lo hanno giudicato *cretaceo*. Questa discordanza di opinione era tanto più notevole in quanto che si teneva come regola stabilita in geologia, che il terreno della creta è separato dai terreni terziari mercè una grande linea d'interruzione, la quale rende i caratteri di quello assolutamente distinti dai caratteri di questi ultimi.

Stando la quistione in tali termini il prof. Savi scopriva alcuni terreni nummulitici ligati intimamente al macigno Toscano: ma questa congiunzione medesima, e la mancanza di specie visibili terziarie negli strati nummulitici del macigno che furono i primi conosciuti, fecero giudicare tali strati come diversi da quelli contenenti specie terziarie, o per dir meglio non fu fatto un confronto preciso tra i primi strati nummulitici ed i secondi. Facciamo ciò

chiaro con un esempio. Il calcare nummulitico di Mosciano presso Firenze era da tutt'i geologi riguardato come appartenente al macigno Toscano, poichè non solo si vedea intimamente congiunto con esso, ma ancora alternava coi suoi strati a fucoidi. Nondimeno questo calcare era tenuto diverso da quello del Vicentino, di Comabbio in Lombardia, di Gassino in Piemonte, il quale per le specie terziarie che conteneva era considerato eocenico. Intanto le osservazioni classiche ed importantissime di E. de Beaumont sul terreno nummulitico delle Alpi Marittime, quelle di Dufrenoy, di Leymerie sul terreno medesimo che occorre ne' Pirenei, le ricerche di Collegno e di Sismonda sopra i calcari nummulitici della Lombardia e del Piemonte, facevano sempre più vedere le relazioni intime di questo terreno con la creta. Inoltre il Sig. Leymerie annunziava che i fossili contenuti nel terreno nummulitico de' Pirenei sono in parte cretacei, in parte terziari, ed in parte neutri, e volendo conciliare le opposte opinioni che correvano sul terreno nummulitico, dichiarava ch'esso forma un piano particolare superiore alla creta, e però lo dimandava *epicretaceo* (1). Da un altra parte uno studio più preciso de' caratteri del macigno italiano m'induceva a credere che questo deposito è distinto dalla creta e dalla medesima *indipendente*. Appresso io scorgeva che il terreno nummulitico connesso col macigno Toscano è identico affatto al terreno nummulitico delle Alpi, e de' Pirenei (2). Se dunque fosse vero che quest' ultimo appartiene ad un periodo terziario, seguiterebbe di necessità che anche il macigno Italiano dev' essere riguardato come terziario. Ma ciò è impossibile per i caratteri geologici e paleontologici del maci-

(1) *Mémoire sur le terrain à nummulites (epicrétacée) des Corbières et de la Montagne Noire* (Compt. Rend. de l'Acad. des Sciences de Paris, tom. XIX. 12 août 1844).

(2) Veggasi il mio lavoro citato pag. 64. e segg.

gno. Dunque dall'esame di tutti questi fatti riuniti si è conchiuso

1.° Che il terreno del macigno è indipendente dalla creta, e però io l'ho dimandato terreno *etrurio*.

2.° Che il terreno nummulitico forma un piano superiore del macigno. Quindi ho diviso il terreno etrurio in due piani, uno *inferiore*, che comprende il macigno propriamente detto, l'altro *superiore*, a cui si riferisce il terreno nummulitico.

Quest' ordinamento de' due depositi mentovati fa sparire tutte le dubbiezze ch' erano innanzi circa la loro età: e siccome esso è stato sanzionato da autorità molto competenti nella nostra scienza (1), però ho stimato conveniente di comprendere nella serie de' terreni di sedimento il terreno etrurio, di cui passo a far conoscere i caratteri.

Caratteri

Il terreno etrurio è composto principalmente di macigni compatti scistosi e friabili, di calcari marnosi, di marne scistose, e di argille scagliose. I depositi che sono formati da queste rocce tengono la loro posizione normale inferiormente a' terreni terziari eocenici, e superiormente al terreno della creta: essi sono distintamente stratificati, e la loro stratificazione ha quelle forme grandi ed estese che sono proprie de' terreni secondari. I fossili che contrassegnano principalmente il terreno etrurio sono alcune specie particolari di *nummuliti* e di *fucoidi*, i quali occorrono quasi generalmente ne' loro strati: insieme con queste specie si trovano ne'suoi depositi più recenti alcune specie organiche simili alle terziarie, e in quelli più antichi qualche specie propria della creta.

(1) Ved. *Compt. Rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, tom. XXI. 1. Décemb. 1845.

Divisione

Il terreno etrurio può essere diviso in due piani, cioè *superiore* ed *inferiore*. Il primo de' quali comprende il terreno nummulitico, ed il secondo il macigno propriamente detto. Giova indicare i caratteri speciali di ciascuna di queste divisioni.

Terreno etrurio superiore.

Il terreno etrurio superiore è composto ordinariamente di strati di calcare compatto o arenaceo, i quali sono congiunti con altri di macigno friabile, micaceo, simile a molassa, e con marne scistose, e talvolta ancora con puddinghe e conglomerati. Tutti questi strati sono distinti per i caratteri che seguono 1.° i calcari sogliono essere impastati di piccole nummuliti e di altre foraminifere microscopiche, co' quali fossili occorrono non di rado mescolanze di specie terziarie e cretacee 2.° le marne scistose contengono spesso i fucoidi propri del terreno etrurio 3.° gli anzidetti strati sono alcune volte separati da quelli del terreno etrurio inferiore, altre volte s' incarnano ed alternano con questi siffattamente ch' è impossibile a poternegli distinguere.

I luoghi principali dove il terreno etrurio superiore si osserva, sono i Pirenei, le Alpi Marittime, il Vicentino, l' Appennino di Toscana, la Crimea, ed altre regioni più lontane.

Pirenei — Ne' Pirenei il terreno nummulitico si presenta in molti luoghi, ma specialmente nelle montagne delle Corbières, ed a Biaritz presso Baionna.

Nel primo de' luoghi citati, e sopratutto nelle vicinanze di Grasse, il terreno nummulitico presenta la successione di strati seguenti di sopra in basso.

1. Marne contenenti una grande quantità di *nummuliti* e *milioliti*, co' quali fossili si trovano mescolate alcune specie proprie della creta, come il *plagiostoma spinosum*, il *pecten quinquecostatus* ec., e poi *turritelle*, *ceriti*, *natiche*, *lucine*, *crassatelle*, ed altri fossili di aspetto interamente terziario.

2. Calcare compatto grigio scuro, bituminoso, impastato di nummuliti e milioliti.

3. Macigni marnosi, alternanti più volte con la roccia seguente.

4. Calcare compatto grigio scuro, bituminoso, traversato da venature bianche spatiche.

5.° La medesima roccia contenente in alcuni luoghi, come a Ribaute, le Rabe, delle conchiglie di acqua dolce.

Tutte queste rocce hanno molta rassomiglianza per i loro caratteri mineralogici con quelle del lias delle prossime montagne delle Cevenne. Elle sono soprapposte con concordanza di stratificazione sopra gli strati raddrizzati della creta, i quali contengono nelle vicinanze di Alet, a Bugarach ec. alcuni fossili della creta superiore, e le ippuriti (1). Sono da osservare tre circostanze importanti nelle relazioni degli strati nummulitici su descritti con quelli della creta sottoposta, 1.° il gran numero di specie fossili terziarie, che si trovano negli strati nummulitici e mancano affatto negli strati cretacei. 2.°, le sferuliti e le ippuriti, le quali si trovano nel terreno cretaceo delle Corbières e di tutt' i Pirenei, e mancano assolutamente negli strati del terreno nummulitico, 3.° quest' ultimo ter-

(1) Nell' importante lavoro del Sig. d'Orbigny sopra *le rudisti*, ei colloca quelle delle Corbiéres nella *terza zona* cretacea occupata da questa famiglia di testacei. Inoltre il medesimo dotto paleontologo fa rispondere la detta zona al piano superiore della zona dell' *ammonites rothomagensis*, della *gryphæa columba* ec., che contrassegnano la creta tufacea (*Bullet. de la Soc. Géol. de France*, tom. 13 p. 155 e segg.) Le mie osservazioni in Italia confermano appieno questa posizione assegnata dal d'Orbigny alla terza zona delle rudiste, la quale perciò appartiene, secondo mio avviso; e agli strati superiori della creta.

reno si separa spesso dalla creta, e nella Montagna Nera si soprappone direttamente ora al terreno di transizione (tra S. Chinian e Salsigne), ora al granito (tra Salsigne e S. Papoul).

Nell'estremità occidentale de' Pirenei ci ha il terreno nummulitico di Biaritz, la cui età è stata grandemente disputata a questi ultimi anni. Il quale contiene una grande quantità di fossili notevoli come quelli delle Corbières per la mescolanza di molte spezie terziare con alcune spettanti alla creta. Nel novero delle prime si citano un gran numero di conchiglie identiche a quelle contenute nel calcare grossiere di Parigi. Tra le seconde vi è stato trovato il *plagiostoma spinosum*, la *guettardia stellata*, specie particolare di polipaio della creta, ed alcuni encriniti di forme cretacee.

Quando da Biaritz si va verso Bidache si veggono succedere alle rocce arenacee nummulitiche da prima alcune marne scistose con impronte di fuchi, poi un calcare giallicciо con selce alternante con piccoli strati di arenaria scistosa con molte impressioni di fuchi; finalmente nelle vicinanze di Bidache comparisce un calcare compatto scaglioso con molti tubercoli di selce, i cui strati sono separati da strati di argilla e di arenaria scistosa micacea, notevole per la grande quantità di fuchi che contiene, i quali dal Sig. Ad. Brogniart sono stati riferiti alla specie *f. canaliculatus*.

Gli strati che abbiamo descritti riposano inclinati ed in giacitura concordante ora sul calcare giurassico ora sul terreno di transizione. Essi sono ricoverti dagli strati più antichi terziari delle Lande, che vi poggiano sopra in giacitura discordante (1).

Il terreno nummulitico comparisce in più grandi masse nella gronda meridionale de' Pirenei, dal lato della Spa-

(1) Dufrenoy, *Mém. sur les caractères particuliers que présente le terrain de craie dans le Sud de la France*, p. 99 a 104.

gna, e vedesi sollevato infino alla cresta del *Monte Perduto*.

Alpi Marittime — In vari luoghi delle Alpi marittime, e segnatamente presso al *lago di Lauzanier*, nel *colle di Braus*, e nelle *vicinanze di Nizza*, il terreno nummulitico mostra la seguente successione generale di strati di sopra in basso

1. Macigno friabile e micaceo con marne scistose contenenti le specie di fucoidi indicate dal Sig. Brogniart col nome di *f. Targioni, intricatus*. Questi strati formano il *flysch* de' geologi delle Alpi.

2. Un calcare gialliccio chiaro, talvolta arenaceo che racchiude una grande quantità di nummuliti, e di altre foraminifere microscopiche, come *nodosarie*, *planorbuline*, ec. ed ancora molti fossili visibili di forme terziarie, come *ceriti, ampullarie, citeree, pecten, turbinolie* ec. Insieme colle quali specie occorrono altre più prossime a quelle della creta, come alcuni *echinidi* propri della creta bianca, delle *cicloliti* (1), ed avanzi di pesci, che il Sig. Agassiz ha riconosciuto appartenere a specie cretacee (2).

3. Nelle parti inferiori suole mostrarsi un conglomerato abbondante di polipi e nummuliti.

Questo deposito, che varia più o meno nella sua composizione ne' luoghi diversi dove si osserva, suol essere soprapposto alla creta tufacea, e presso Nizza è superiore a strati cretacei contenenti l' *ananchites ovata*. Secondo le osservazioni del prof. Sismonda, la soprapposizione del terreno nummulitico sulla creta succede nel colle di Braus con discordanza di stratificazione. Le specie di fucoidi di sopra indicate si scorgono in tutte tre le successioni di strati che abbiamo descritti (3).

Cogli stessi precisi caratteri si presenta il terreno num-

(1) Sismonda, *Notizie e schiarimenti sulla costituzione delle Alpi Piemontesi*, p. 98.

(2) *Bullet. de la Soc. Géol. de France*, deux. ser. tom. 1. pag. 26.

(3) *Bullet cit. p.* 623.

mulitico in molti luoghi delle Alpi, e della Savoia, specialmente ne' *Diablerets*, nella montagna de' *Fis*. Ne' quali luoghi, secondo le osservazioni dello Studer, sembra tenere un posto superiore agli strati del calcare di Sewen, che contengono *ananchites ovata*, specie propria della creta bianca (1).

Vicentino, e *Monte Bolca* — Nel Vicentino il terreno nummulitico è composto di un calcare talvolta grossiere talvolta compatto, e contiene numerosi fossili marini, e specialmente una gran copia di nummuliti. Questa roccia di sedimento alterna più volte con rocce basaltiche: la quale alternanza ha renduto celebri tali terreni di poi che l'Arduino e il Fortis gli fecero particolarmente conoscere. I fossili contenuti nel calcare nummulitico del Vicentino furono la prima volta illustrati e descritti dal Sig. Alessandro Brogniart (2). Nel maggior numero di essi appartengono a conchiglie di forme terziarie, come *turritelle*, *ampullarie*, *melonie*, *coni*, *cipree*, *strombi*, e specialmente *ceritii*, le cui specie sono molto identiche a quelle che si trovano nel calcare grossiere di Parigi. Ma insieme con questi fossili il prelodato geologo trovò mescolata una specie distinta cretacea, cioè la *gryphæa columba*, simile a quella che occorre nella creta di Nizza. La quale circostanza ricorda molto la mescolanza di specie terziarie e cretacee del terreno nummulitico di Biaritz, onde abbiamo di sopra parlato.

La posizione degli strati nummulitici del Vicentino è per lo più orizzontale, ma in alcuni luoghi si vedono manifestamente raddrizzati. A Val Nera, a Monte Viale ed a Roncà le rocce calcaree e piroidi sono in quantità presso a poco eguale. A Montecchio Maggiore le rocce piroidi sono dominanti.

A questi depositi sono da riferire ancora le colline del Bolca nel Veronese, cotanto rinomate per la immensa quan-

(1) *Aperçu de la structure géologique des Alpes.*
(2) *Mémoire sur le terrain calcareo-trappéen du Vicentin.*

tità di pesci fossili che vi sono stati ritratti, e che si trovano in uno stato mirabile di conservazione. Sono elle composte in basso di rocce piroidi, alle quali stanno soprapposti strati numerosi di calcare compatto o marnoso alternanti talvolta con le rocce anzidette. Gli strati superiori, composti per lo più di scisti marnosi e bituminosi, sono la stanza principale dei pesci fossili. Il prof. Agassiz ne ha definite 127 specie, tutte marine, nessuna identica alle specie ora viventi, ed appartengono a 77 generi, dei quali 38 si possono tenere perduti, e gli altri fanno parte di generi viventi; ma questi sono confinati tutti tra i tropici. Avendo riguardo ai loro caratteri il prelodato geologo gli ha collocati in una divisione intermedia tra le specie di pesci fossili appartenenti alla creta ed al periodo terziario (1). Insieme coi pesci si trovano molti fucoidi mescolati ad avanzi di vegetabili terrestri, i quali sono stati esaminati dal Sig. Goeppert. Questi è pervenuto ad una conchiusione simile a quella ottenuta dall'Agassiz per rispetto ai pesci fossili; cioè ha trovato che le piante fossili del Bolca appartengono ad una flora intermedia tra quella della creta e la flora del periodo terziario (2).

I depositi del Vicentino e del Bolca sono stati considerati finora come appartenenti al periodo terziario più antico. Ma il Sig. E. de Beaumont ha oppugnata questa classificazione, facendo vedere che i caratteri geologici e stratigrafici dei medesimi debbono fargli riguardare come spettanti agli ultimi depositi secondari, e paralleli a' terreni nummulitici de' Pirenei e delle Alpi. I caratteri organici non si oppongono a quest' ordinamento, poichè il valore delle specie terziarie è bilanciato da quello delle altre specie che indicano un periodo più antico, ed è superato poi per la considerazione de' caratteri stratigrafici. Per queste ultime ragioni infino a pochi anni addietro i

(1) *Tableau général des poissons fossiles rangés par terrains.*

(2) *Exposé sommaire du nombre des èspéces de plantes fossiles* (Compt. Rend. de l'Acad. des Sc. de Paris, tom. XX. num. 12).

geologi della scuola del Werner riferivano gli strati con ittioliti del Bolca a formazioni secondarie molto antiche (1).

Appennino di Toscana e di altri luoghi d'Italia. — In vari luoghi di Toscana occorrono alcuni strati di calcare nummulitico, i quali sono così intimamente connessi col macigno che non si possono da questo affatto separare, se non che la loro posizione indica che fanno parte degli strati più recenti della formazione del macigno. I più conosciuti sono quelli di Mosciano presso Firenze. Giova far conoscere la lor posizione, la quale è rappresentata nella Tav. III. fig. 3. e mostra la successione degli strati seguenti, di sopra in basso.

h) Conglomerato di ciottoli calcarei.

g) Macigno friabile.

f) Calcare marnoso (*alberese*) con marna scistosa e con indizi di fucoidi del macigno.

e) Calcare nummulitico.

d) Calcare marnoso (*alberese*) con selce.

Gli strati che seguono in basso appartengono propriamente al macigno, co' quali quelli citati fanno continuazione. Noi gli esamineremo appresso.

Il calcare *e*) contiene molte nummuliti di forme speciali, piccole, enfiate nei lati, a tramezzi ravvicinati e ricurvi (*n. globosa* ? Lam. — Tav. I. fig. 10. e 11.). Insieme colle nummuliti vi sono impastate molte foraminifere microscopiche (Tav. cit. fig. 1. a 12.), delle quali le più abbondanti e le meglio distinte sono una *nodosaria* (*n. rapa* ? fig. 1.), ed una *planorbulina* (*pl. mediterranensis*, fig. 7.). Queste foraminifere sono molto simili a quelle che si trovano ne' terreni terziari e che si osservano ancora nel terreno nummulitico di Nizza. Vi occorrono poi anche alcuni steli di *crinoidi* di forme secondarie (fig. 15.). Dalle quali circostanze si deduce che

(1) Ved. *Daubuisson, Traité de Géologie* 1. edizione §. 207.

gli strati nummulitici di Mosciano contengono specie organiche terziarie, e secondarie; e di più sono connessi ed alternanti con istrati fucitici del macigno. Dunque essi sono affatto identici a quelli delle Alpi e de' Pirenei.

Un altra formazione assolutamente simile si osserva ne' monti della valle superiore del Tevere presso alla città di Borgo S. Sepolcro. La posizione degli strati nummulitici di quel luogo vedesi espressa nella Tav. III. fig. 2.

a, *b*, *c*) Diversi strati appartenenti al terreno miocenico.

d, *e*) Strati di macigno friabile e di marne e calcari marnosi. I quali si ligano insensibilmente con quelli miocenici.

f) Strati di calcare nummulitico.

g) Strati numerosi di selce interposti tra quelli calcareo-marnosi *e*, *e*.

I rimanenti strati passano insensibilmente al macigno ed al calcare a fucoidi bene distinto della valle di Borgo S. Sepolcro, come appresso sarà detto.

Gli strati nummulitici *f*) contengono piccole nummuliti impastate nella roccia, e di più molte altre foraminifere affatto simili a quelle di Mosciano, e specialmente la *planorbulina mediterranensis*: e con queste vi si trovano avanzi di zoofiti, di *pecten*, e di altre conchiglie di forme ricisamente terziarie: nè mancano di comparirvi ancora articoletti di crinoidi. Onde l' analogia di questi strati con quelli di Mosciano non può essere più compiuta di quello si osserva.

Le medesime giaciture nummuliticlie sono state osservate in molti altri luoghi di Toscana, e tutt' i geologi i quali le hanno esaminate convengono che fanno parte assoluta della formazione del macigno, dalla quale non si possono separare: solamente, come si disse dinanzi, gli strati onde parliamo, si mostrano costantemente nelle porzioni più recenti del deposito del macigno.

Non vogliamo ommettere di citare in questo luogo alcuni altri depositi dell'Appennino, ne' quali, avvegnachè

non siano state scoverte le nummuliti, pure la loro posizione ovvero la presenza di altre foraminifere dimostrano che sono paralleli al terreno nummulitico.

Uno di questi depositi occorre nelle vicinanze di Massa Marittima nella Maremma Toscana. Nel luogo detto *Perolla* ci sono alcune cave di un macigno alquanto diverso per i suoi caratteri mineralogici dal vero macigno Toscano. I suoi strati sono soprapposti alla formazione detta dell' *alberese* e contengono diverse spezie di conchiglie, le quali mancano per lo più nel macigno. Tra queste vi ho riconosciuto una grifea, la quale sembra identica alla *gryphæa columba* che occorre nella creta di Nizza e del mezzogiorno della Francia (Tav. 1. fig. 21 a 25) e poi alcuni *pecten* simili a quelli che si trovano nel terreno nummulitico delle Alpi marittime (id. fig. 26, 27). Il deposito dunque di Perolla trovasi nella posizione precisa del terreno nummulitico di Mosciano, e contiene una mescolanza di fossili di apparenze cretacee e terziarie.

Nelle parti elevate dell' Appennino Bolognese ci ha una formazione di macigno friabile, la quale è stata descritta dal dott. Santagata e dal prof. Biancone. Ella ricuopre il terreno in cui si ritrova il calcare a fucoidi, ed è in relazione con alcune argille scagliose che appartengono al macigno, come appresso vedremo. Negli strati di questa roccia sono sparsi numerosi corpi organici fossili; ma il più abbondante è la specie di crinoide descritta da Goldfus col nome di *apiocrinites ellipticus*, il quale occorre nella creta del settentrione (Tav. 1. fig. 16); al contrario le conchiglie che accompagnano tale specie hanno apparenze piuttosto terziarie: nè vi sono rare le foraminifere microscopiche simili a quelle che si osservano nelle rocce di Mosciano e di Borgo S. Sepolcro di sopra descritte. Quindi possiamo ritenere che tanto per la sua posizione geologica, come per gli avanzi che racchiude, questa formazione dell' Appennino Bolognese è parallela al terreno nummulitico che qui descriviamo.

Uno de' luoghi più importanti d'Italia, dove il terreno etrurio superiore apparisce grandioso e bene distinto dall'inferiore, si è l'Abruzzo Teramano nel regno di Napoli. Dove è composto di strati di macigno friabile e di argille scagliose alternanti regolarmente un immenso numero di volte. Questi strati danno origine ad un gruppo esteso di monti, che per la loro altezza hanno una fisionomia interamente alpina. Il Pizzo di Sivo, ch'è il più elevato di tutti, aggiunge all'altezza di 8000 piedi sopra il livello del mare. I monti fra quali sono aperte le anguste e profonde valli di Nereto, di Tottea, di Civita Castellana, appartengono tutti a questa formazione. La quale da una parte è addossata al terreno neocomiano del Monte Corno, e dall'altra si congiunge intimamente col terreno miocenico di Teramo e di Ripa. Io non ho osservato fucoidi negli strati di quel deposito: ma i Sigg. Orsini e Spada gli citano nella *scaglia* di Grotta Grande presso all'Acqua Santa, la quale roccia è subordinata alla formazione onde si parla: e citano altresì nella parte superiore della medesima alcuni altri strati di scaglia che contengono delle nummuliti mescolate con turbinolie e con conchiglie indistinte, le quali probabilmente saranno di forme terziarie (1). Per tutt'i quali caratteri egli è certo che quel vasto e magnifico deposito si deve riferire al terreno etrurio superiore.

Ne' monti di Alberona in provincia di Capitanata nel regno di Napoli ho trovato delle rocce con picciole nummuliti e con altre foraminifere microscopiche nella parte superiore degli strati marnosi che contengono una gran copia di fucoidi del macigno. E da ciò conchiudo che il terreno etrurio superiore non deve mancare in que' monti, e facilmente vi si potrà riconoscere.

I calcari nummulitici di Comabbio, di Paterno nella valle dell'Adda in Lombardia, quelli di Gassino in Pie-

(1) *Bullet. de la Soc. Géol. de France.* tom. II. deux sér. pag. 408.

monte, mostrano manifestamente per i loro caratteri organici e per la posizione in cui occorrono, che appartengono al piano superiore del terreno etrurio.

Crimea — I Sigg. Dubois de Montpereux e Verneuil hanno fatto conoscere un terreno nummulitico che trovasi nella penisola della Crimea, il quale per i suoi caratteri è assolutamente identico a quello delle Alpi. Esso è composto della seguente successione di rocce di basso in alto.

a) Strati con piccole nummuliti bene distinte.

b) Calcare bigio contenente i fossili della creta bianca, specialmente il *belemnites mucronatus*.

c) Poi il vero terreno nummulitico, contenente nummuliti molto più grandi, ed alcuni fossili particolari de' generi *trochus*, *cerithium*, *echinus*: tra questi ultimi ce ne ha de' giganteschi.

d) Al di sopra delle nummuliti si osserva uno strato di marna bianca, assai povera di fossili che racchiude alcune vertebre di pesci.

e) Dopo questa successione di strati comparisce la formazione terziaria *eocene* soprapposta allo strato di marna anzidetta (1)

È impossibile di non ravvisare il sincronismo degli strati *c*) e *d*) con quelli che occorrono nel terreno nummulitico delle Alpi Marittime di sopra descritti.

D' altra parte il terreno nummulitico della Crimea è importantissimo per due ragioni 1.° perchè si mostra *distinto* dalla formazione della *creta bianca* e dalla *terziaria eocenica*, ciò che indica essere un deposito che non tiene nè all' una nè all' altra 2.° perchè vi manca il terreno etrurio inferiore, ovvero il macigno propriamente detto.

Luoghi fuori l' Europa — Finalmente il terreno nummulitico si estende infino nell' Asia Minore, dove è stato osservato dal Sig. de Chancourtois, ingegnere delle Minie-

(1) *Bullet. cit.* deux. sér. tom. I. pag. 529 e 629.

re in Francia. Ma ciò che più importa di essere notato circa il prolungamento di questo terreno fuori l'Europa, si è che il capitano inglese Vicary lo ha osservato nelle colline del Beloochistan nello Scind. Tra il gran numero di fossili quivi raccolti dal Sig. Vicary, e da lui presentati alla Società Geologica di Londra, sei specie almeno sono state riconosciute identiche co' fossili di Biaritz ne' Pirenei. Gli strati di questo deposito sono nella regione anzidetta inclinati di 35° a 50° al Sud, ed aggiungono ad un altezza di 3000 piedi sopra il livello del mare, e formano una barriera montuosa, la quale si può accompagnare per una lunghezza di 70 miglia dall'Est all'Ovest (1). Il quale fatto è ancora importante per questo, che mostra sempre più l'analogia tra i monti Imalaia e le Alpi, già prevista dal Sig. E. de Beaumont.

Passiamo ora ad esaminare i caratteri del terreno etrurio inferiore.

Terreno etrurio inferiore.

Gli strati del terreno etrurio inferiore sono composti principalmente di due spezie di rocce, cioè di un calcare marnoso alternante con scisti, chiamato comunemente *alberese* in Toscana, e del macigno compatto dimandato in Toscana *pietra serena*. Tra le altre varietà di rocce che fanno parte di questo deposito citiamo un calcare compatto conosciuto a Firenze col nome di *pietra forte*, ed alcune argille scure, untuose e compatte, le quali occorrono nell'Appennino bolognese e sono state chiamate dal prof. Biancone *argille scagliose*. I caratteri che contrassegnano questo deposito sono, 1.° i fucoidi, e principalmente le specie *f. Targioni* (Tav. II. fig. 1.), *f. intricatus* (id. fig. 2.), e *furcatus* (id. fig. 3.), i quali sono abbondantissimi e si mostrano quasi sempre con costanza 2.° al-

(1) *Institut*, 3 Juin 1846.

cuni rari avanzi organici di forme cretacee, co' quali non si trovano più mescolati nè nummuliti, nè specie terziarie.

I luoghi classici per la distinzione del terreno etrurio inferiore sono la Toscana e la Liguria: ma non manca di comparire in altri luoghi d'Italia e dell'Europa meridionale.

Toscana — Come tipo del terreno etrurio inferiore possiamo indicare i depositi che occorrono nelle vicinanze di Firenze. I quali si presentano in tre forme diverse, cioè

a) Calcare marnoso gialliccio, bigiccio, alternante con marne scistose, detto comunemente *alberese*. Queste rocce sogliono essere impastate di fucoidi, ed occorrono ne' monti dintorno a Firenze (strada bolognese da Firenze a Pratolino ec.)

b) Macigno compatto chiamato *pietra serena* con fucoidi più rari (Cave di Fiesole, Molino del Diavolo ec.)

c) Calcare compatto, bigiccio, a grana più grossolana dell'alberese, a strati sottili, con istraterelli di scisti interposti, detto comunemente *pietra forte* (Cave di S. Francesco di Paola). In questo calcare fu trovato dal celebre Micheli un frammento di *hamites*, che il prof. Savi chiamò *h. Michelii* (Tav. II. f. 7).

La posizione relativa di queste tre sorte di rocce suol essere nella maniera come le abbiamo descritte dall'alto in basso. L'alberese si mostra per lo più soprapposto al macigno: ma in molti luoghi entrambe le rocce alternano e si mescolano insieme. Quanto alla *pietra forte*, ella sembra formare la parte inferiore del deposito: nel quale caso la sua posizione è parallela al calcare dimandato dal prof. Savi *calcare screziato*, il quale in molti luoghi di Toscana occorre inferiormente al macigno.

Questa suol essere ancora la disposizione generale del terreno etrurio inferiore nel resto della Toscana. In vari luoghi di questo paese sono stati trovati altri fossili più rari. Nell'alberese di Pieve S. Stefano presso Borgo S. Sepolcro sono occorsi articoli di crinoidi ed alcuni esem-

plari di *cyclolites* (Tav. II. fig. 6). Nel macigno di Sassalbo nelle Alpi Apuane il prof. Savi trovò impressioni di un *chiton*. Nel macigno dell'Appennino di Firenze, nel *passo della Futa*, lungo la strada che da quella città conduce a Bologna, io ho raccolto una impronta di *calamites* o probabilmente di un *equisetum* (Tav. cit. fig. 4.)

Si trovano nel macigno Toscano dei depositi carbonosi accompagnati da avanzi vegetabili che non sono ancora bene conosciuti. Tali sono le stipiti di Stia nel Casentino, di Pupiglio nel Pistoiese, della Valle del Taro nella Lunigiana ec.

Liguria — Il macigno della Liguria è tanto simile a quello della Toscana che non presenta nessuna diversità di caratteri. Esso è formato delle medesime rocce, contiene gli stessi fucoidi, ed occorre nelle medesime forme di giacitura come in Toscana. Ne' suoi strati il Sig. Pareto trovò un *ammonite*, la quale rammenta l' *hamites* occorsa nel macigno di Firenze. Citiamo questi fossili per la loro rarità, ed eziandio perchè porgono grandissimo lume per definire l'età generale del terreno etrurio.

Altri luoghi d' Italia. — Nel regno di Napoli il terreno etrurio è generalmente molto raro. Ho osservato il suo piano inferiore bene distinto ne' monti di Bovino in Capitanata, i quali sono composti di strati calcareo-marnosi contenenti un gran numero di fucoidi affatto simili alle specie del macigno Toscano.

Si trova eziandio co' suoi caratteri speciali appiè delle Alpi di Lombardia, principalmente nelle vicinanze di Gavirate, dove è composto di strati calcareo-marnosi bianchicci, i quali racchiudono un' immensa quantità di fucoidi non pure simili a quelli del macigno Toscano, ma ancora di specie diverse.

Altri luoghi di Europa. Finalmente il macigno a fucoidi è stato osservato in tutta la zona montuosa che cinge il mediterraneo, movendo dai Pirenei infino nella Grecia, ed anche più oltre.

Il Sig. Dufrenoy ci ha fatto conoscere che lo scisto calcareo di Bidache vicino Baionna è identico cogli scisti del macigno dell' Appennino non solo per i suoi caratteri esterni, ma anche per i fucoidi che contiene. In quel luogo, come a Mosciano presso Firenze, gli strati del macigno sono associati con alcuni altri che contengono le nummuliti del terreno etrurio superiore (1). Abbiamo veduto che nelle Alpi il *flysch* presenta tutt' i caratteri mineralogici e gli stessi fuchi che il macigno toscano, e però lo Studer lo ha dimandato *macigno alpino*: se gli strati di questo deposito che ricoprono il calcare nummulitico mostrano di appartenere al piano etrurio superiore, forse non vi mancheranno altri strati inferiori al detto calcare, che si potranno riferire al terreno etrurio inferiore (2). L' arenaria a fucoidi si estende in Austria e fino ne' monti Carpazii, e al S. E. si prolunga nelle montagne secondarie della Dalmazia e della Grecia.

Relazioni tra i due piani etrurii.

Se il piano etrurio superiore, ovvero il terreno nummulitico, in molti luoghi si presenta separato dall'inferiore, in altri punti si vede così intimamente congiunto con questo che non è possibile di distinguere l' uno dall' altro, ed entrambi formano una serie di strati continui. Allorchè il terreno nummulitico occorre nella prima posizione i suoi caratteri mineralogici ed organici presentano qualche analogia co' terreni terziari, e però da molti è stato riferito a questi depositi. Ma quando è connesso col macigno propriamente detto ogni idea di sua età terziaria dileguasi intieramente: perocchè s' egli è giudicato appartenente a

(1) *Mém. sur le terrain de craie dans le Sud de la France* §. 35.

(2) Ciò si desume dalle opinioni di alcuni geologi, i quali collocano il *flysch* delle Alpi sotto al terreno nummulitico. La qual cosa potrebbe indicare che vi sia in quella giogaia un macigno inferiore al terreno nummulitico, il quale apparterrebbe al terreno etrurio inferiore.

questo periodo, conviene considerare altresì come terziario il macigno che ha somministrato *hamiti* ed *ammoniti* ed è mancante affatto di specie terziarie: la quale opinione sarebbe una vera assurdità nella nostra scienza. La congiunzione della quale parliamo si osserva in una maniera chiara ed incontrastabile a Mosciano presso Firenze, e nei monti di Paterno presso Borgo S. Sepolcro. Abbiamo fatto conoscere il terreno nummulitico che occorre nel primo de' luoghi citati. Inferiormente agli strati che si riferiscono quivi al terreno etrurio superiore succedono gli altri seguenti (Tav. III. fig. 3.).

c) *Alberese* comune senza selce e con fucoidi

b) Macigno comune

a) Scisti variegati e *pietra forte*, simile a queste medesime rocce che si veggono nelle cave di S. Francesco di Paola presso Firenze, dove fu trovata *l'hamite* detta di sopra.

Nel luogo onde parliamo è impossibile di separare gli strati a nummuliti da quelli del macigno, i quali formano tutti una sola serie: anzi la loro unione e concordanza è tale che sembra strana l' idea di volergli dividere in due piani. Pure gli strati inferiori di Mosciano sono la stessissima cosa che gli strati dell' alberese, del macigno, e della *pietra forte* di Firenze, in cui mancano affatto gli strati nummulitici; per questa ragione si è fatta di quegli strati una divisione inferiore del terreno etrurio.

Alle rocce nummulitiche di Paterno che abbiamo descritte di sopra si vedono succedere a mano a mano gli strati *h*, *i* (Tav. III. fig. 2), i quali non racchiudono più calcare nummulitico, e si congiungono insensibilmente con quelli del macigno di Borgo S. Sepolcro e di Pieve S. Stefano, i quali contengono fucoidi, encrini, e cicloliti.

Questi fatti provano infino all' evidenza che il terreno nummulitico ed il macigno formano un solo deposito continuo, il quale solamente può essere diviso in due piani non già per gli accidenti stratigrafici, ma sì per le diffe-

renze de' corpi organici che racchiudono, e spezialmente per causa delle nummuliti, le quali occorrono negli strati superiori e più recenti e mancano negl' inferiori. (1)

Due qualità di macigni nel terreno etrurio.

Noi abbiamo veduto che il calcare nummulitico di Mosciano e di Paterno è ricoperto da un macigno friabile che si approssima alla molassa, e di più abbiamo detto che il vero macigno compatto o *pietra serena* de' Toscani trovasi negli strati inferiori del terreno etrurio, e per lo più sotto all' alberese a fucoidi. Segue da ciò che nel terreno etrurio ci possono essere due macigni, uno inferiore, l' altro superiore al calcare nummulitico: il primo suol essere compatto, il secondo è generalmente meno solido e più friabile. Il macigno delle Alpi o il *flysch*, che ricuopre il calcare nummulitico, sembra doversi riferire in gran parte al macigno superiore.

Terreno etrurio del settentrione di Europa.

Si può dire che il terreno etrurio è limitato principalmente nel mezzogiorno di Europa. Nel settentrione o manca del tutto ovvero è poco sviluppato. Il calcare *pisolitico* di Parigi, che molti ritengono come *eocenico*, è riguar-

(1) Merita di essere osservato che le ofiti de' Pirenei serbano col terreno nummulitico di quella contrada le medesime relazioni che hanno le ofioliti della Liguria e della Toscana col terreno del macigno. Le ofiti Pirenaiche o porfidi anfibolici non differiscono gran fatto per la loro composizione mineralogica dalle ofiti e dioriti che accompagnano quasi costantemente le ofioliti d' Italia. Le prime, secondo le osservazioni di Dufrenoy, occorrono in maggiore abbondanza nell' estremità occidentale de' Pirenei, dove il terreno nummulitico ed a fucoidi sembra più sviluppato. Questa circostanza aggiunge peso alla identità che si è stabilita tra il terreno nummulitico de' Pirenei ed il macigno d' Italia.

dato da E. de Beaumont equivalente de' terreni nummulitici del mezzogiorno, e quindi probabilmente appartiene al terreno etrurio superiore. In questa medesima serie forse dovranno riporsi i piccoli depositi di macigno cloritico friabile, che occorrono nel settentrione di Parigi tra il terreno eocenico e la creta, e che il Sig. Archiac disegna col nome di *glauconia inferiore*. Forse ancora coll' andare del tempo vi saranno annessi altri depositi che ora sono considerati come terziari; la qual cosa potrà seguire se la classificazione di questi ultimi terreni andrà soggetta ad una modificazione, che sembra richiesta dai fatti meglio conosciuti relativi agli ultimi terreni secondari del mezzogiorno di Europa.

Indipendenza del terreno etrurio.

Dopo i fatti esposti di sopra, e quelli che altrove ho esaminati più lungamente (1), sembra dimostrato che il terreno etrurio è un deposito *indipendente* dai terreni terziari e dalla creta. Basta avere provato che il terreno nummulitico ed il macigno formano un deposito unico prodotto in circostanze simili ed in un medesimo periodo di tempo, per conchiudere che questo deposito è affatto distinto dai terreni terziari. Quindi viene anche per conseguenza che gli anzidetti terreni non possono appartenere alla creta, perchè i veri strati di questa, anche i più recenti, cioè quelli della creta bianca, non presentano nessuna analogia co' terreni terziari. Senza che, i corpi organici racchiusi nel terreno etrurio sono in gran parte diversi da quelli della creta; i fucoidi che abbondano nel terreno etrurio mancano affatto nella creta, e in cambio le rudisti, che sono copiose nella creta, non si trovano mai nel terreno etrurio. La stessa differenza si osserva negli accidenti di giacitura de' due depositi. La

(1) Lavoro di sopra citato.

stratigrafia del terreno etrurio non ha nessuna relazione intima con quella cretacea. Il terreno etrurio giace il più delle volte separato dal terreno della creta, ed è soprapposto a terreni di varie sorte, al cretaceo (Alpi Marittime), al giurassico (Toscana, Lombardia), al silurio (Pirenei), al granitico (Elba) ec. Inoltre si vede esso distinto dalla creta per mezzo di una grande linea di frattura, la quale nelle Alpi del Monte Viso, ha dislogato gli strati di questa, e appiè de' medesimi si veggono depositati in giacitura discordante gli strati del terreno etrurio. E d' altra parte nelle Lande francesi, nel letto dell'Adour, si osserva il terreno eocenico in giacitura orizzontale sopra gli strati nummulitici assai raddrizzati. Le quali circostanze sono il vero suggello della indipendenza del terreno etrurio.

Osservazioni generali sopra i fossili del terreno etrurio.

Abbiamo già detto che i fossili distintivi più generali del terreno etrurio sono i fucoidi (f. *Targioni*, *intricatus*, *furcatus*). Insieme co' fucoidi occorrono nel piano etrurio superiore una grande quantità di nummuliti e di altre foraminifere microscopiche; le prime sogliono essere piccole subglobose, a tramezzi fitti e ricurvi (Tav. I. fig. 10, 11): e sono però distinte dalle nummuliti della creta, le quali sono per lo più larghe, compresse, a tramezzi dritti e radi, delle quali consideriamo come tipo la nummulite cretacea del Gargano (Tav. I. fig. 17, 18): questi piccoli corpicciuoli sono associati talvolta a conchiglie e zoofiti di forme terziarie, e talvolta ancora, ma più di rado, con alquante specie cretacee. Tra queste ultime si conoscono le seguenti specie principali.

Nel terreno etrurio superiore.

Terebratula Defranci — Corbières.
—— *biplicata* — Idem.
—— *octoplicata* — Idem.
Pecten quinquecostatus — Idem.
—— *quadricostatus* — Idem.
Spatangus bufo — Idem.
Serpula quadricarinata — Idem.
Astrea lateralis — Idem.
Plagiostoma spinosum — Biaritz.
Guettardia stellata — Idem.
Ammonites Coupei — Basse Alpi.
Cyclolites affine alla *polymorpha* — Alpi Marittime.
Holaster subglobosus — Idem.
—— *suborbicularis* — Idem.
—— *altus* — Idem.
Micraster cor anguinum — Idem.
—— *arenatus* — Idem.
Spatangus elongatus — Idem.
Gryphœa columba — Vicentino, Massa Marittima in Toscana.
Apiocrinites ellipticus — Appennino bolognese — Mosciano presso Firenze.

Nel terreno etrurio inferiore.

Ammonites — Liguria.
Hamites Michelii — Firenze.
Encrini — Pieve S. Stefano in Toscana.
Cyclolites — Idem.
Calamites o grande *Equisetum* — Appennino tra Firenze e Bologna.

Materie racchiuse nel terreno etrurio.

Tra le sostanze racchiuse nel terreno etrurio superiore la principale è il sal gemma. Il Sig. Dufrenoy ha da lungo tempo fatto conoscere che la famosa massa di sale di Cardona in Ispagna è incassata negli strati del terreno nummulitico (1). Io sono di credere che anche le saline di Neto in Calabria Ultra II. abbiano lor giacitura nel terreno etrurio; ma non posso affermarlo con sicurezza. Nè questa sostanza sembra mancare nel terreno etrurio inferiore. Le argille scagliose fucitiche dell' Appennino bolognese, secondo le osservazioni del prof. Biancone, sono in molti luoghi salifere, e dalle medesime scaturiscono molte sorgenti salate. Chi sa ancora se i vasti depositi di sal gemma de' monti Carpazii, di cui fanno parte le famose saline di Wieliczka, di Bochnia ec. non sieno racchiusi nella formazione dell' *arenaria carpatica*, la quale ora sappiamo essere contemporanea del terreno nummulitico di Cardona? Oltre alle sorgenti salale scaturiscono dal macigno dell' appennino sorgenti di nafta, di petrolio, di gas infiammabile. I depositi di sal gemma delle vicinanze del Mar Caspio debbono avere certamente una giacitura comune con le sorgenti di nafta e di *grisau* che abbondano moltissimo in quella regione dell' Asia. E tutte queste sostanze, le quali sono assolutamente straniere al terreno della creta, concorrono a dimostrare la differenza del terreno etrurio da quest' ultimo.

Stratificazione.

Ne' Pirenei, nelle Alpi, e nell' Appennino la stratificazione del terreno etrurio ha forme dicisamente seconda-

(1) *Mém.* cit. §. 29.

r[illegible] affatto diverse da quelle de' terreni terziari; i suoi s[illegible]ti sono grandi, copiosi, per lo più assai compatti, si pr[illegible]ungano per vaste estensioni, sono sempre dislogati, e spesso si veggono elevati infino alla cima delle alte montagne. Questa forma di stratificazione è uno de' principali caratteri che rende distinto il terreno etrurio dai terreni terziari, i quali si veggono per lo più ricolmare le valli aperte in mezzo del primo. Gli strati poi paralleli a questo terreno che occorrono nelle parti medie dell' Europa si presentano in forme alquanto diverse; la loro giacitura suol essere orizzontale, e poco dislogata, e però i loro caratteri stratigrafici mostrano una somiglianza maggiore a quelli de' terreni terziari, e perciò ancora sono stati con questi ultimi confusi. Ma quando si esaminano i loro prolungamenti nelle parti meridionali, si riconosce facilmente che non si possono separare da quelli che abbiamo di sopra nominati, e che presentano fattezze secondarie bene distinte.

Forma del suolo.

I depositi del terreno etrurio formano nelle parti meridionali di Europa parte essenziale di montagne assai elevate. Abbiamo veduto che gli strati nummulitici arrivano ne' Pirenei fino alla cima del Monte Perduto, e formano grandi depositi erti e raddrizzati nella gronda spagnuola de' Pirenei. Nella stessa forma occorrono nelle Alpi, dove occupano molte sommità delle Alpi marittime, e le alte cime de' Fis, de' Diablerets nelle Alpi della Savoia. In Italia poi danno origine a gioghi interi di montagne erte ed estese, le quali sono separate da profonde valli. L' Appennino principale di Firenze, anzi di tutta la Toscana, è quasi tutto composto di terreno etrurio. Il Cimone di Fanano, il Corno alle Scale, che figurano tra le più alte vette dell' Italia, sono da cima a fondo composti di macigno. I monti alti ed alpini dell' Abruzzo Te-

ramano, che di sopra abbiamo descritti, sono ancora formati esclusivamente di depositi etruri.

Sostanze utili.

Il terreno che descriviamo non è scarso di materie utili. Abbiamo veduto ch' esso racchiude vasti depositi di sal gemma, i quali provvedono ai bisogni di Stati interi. Le sorgenti di nafta, di petrolio, di gas infiammabile che scaturiscono dal macigno, sono sostanze utilissime a molti paesi del Mar Caspio e della Persia. In alcuni luoghi di Toscana il macigno contiene fra' suoi strati un combustibile fossile di qualità non ispregevole; ma occorre ordinariamente in istrati molto irregolari, poco continui e di piccola spessezza, ; onde i tentativi che sono stati fatti finora per iscavarlo non hanno dato nessun utile risultamento. Il macigno poi o *pietra serena* di Firenze e della Gonfolina è una pietra eccellente da costruzione, ed è molto rinomata per tale uso: la sua grana uniforme, e la sua moderata compattezza la rendono molto acconcia alla lavorazione; alle quali circostanze si debbono aggiungere il suo bel colore azzurriccio e la grande ed eguale saldezza di massi che somministra: in Toscana se ne fanno stipiti, architravi, soglie, colonnette di forme molto vaghe ed eleganti per la precisione del lavoro, le quali abbelliscono grandemente gli edifizi di Firenze e delle altre città di Toscana.

Se il terreno etrurio non è sterile di prodotti minerali utili riesce ancora molto fertile per la vegetazione. La quale cresce prospera e rigogliosa sul suo suolo. Tra le piante che vi provano bene sono da mentovare la vite, l' olivo, il castagno, e varie altre generazioni di alberi fruttiferi. I vaghi e fertili colli di Firenze, che lo straniero non si sazia di ammirare allorchè discende dall' Appennino di Bologna, bastano per tutti a rendere fede della grande fertilità del terreno etrurio.

Origine.

Le materie minerali che compongono il terreno etrurio mostrano per chiari segni di essere state depositate nel seno di un vasto mare e con certe particolari condizioni durante un periodo speciale. I depositi etruri essendo assolutamente diversi e quanto alla composizione e quanto alle circostanze di giacitura dai depositi terziari e dai cretacei, dimostrano che la loro formazione seguì nel periodo intermedio tra la formazione de' due depositi anzidetti, e che essi furono generati in vasti bacini di mare, i quali si trovarono in condizioni diverse da quelle in cui erano i bacini del mare cretaceo e del mare terziario. La maggior parte dei depositi etruri sono composti di rocce arenacee notevoli per la uniformità di loro composizione: un altra porzione è formata di calcari marnosi e di scisti, ed un minor numero di argille scagliose; i conglomerati mancano generalmente tra gli strati del terreno etrurio, almeno in Italia. Queste circostanze dimostrano che gli strati etruri furono depositati la maggior parte in un mare tranquillo, dove erano trasportate una grande quantità di materie da copiosi affluenti. È osservabile che la selce, la quale ha abbondato durante la formazione del terreno cretaceo, manca generalmente nel terreno etrurio, e ne' rari luoghi dov' ella comparisce occorre costantemente negli strati superiori e più recenti del medesimo. Quanto poi alla condizione degli animali e delle piante che viveano durante il periodo etrurio, ecco quello che possiamo dai fatti argomentare. La scarsezza, anzi la mancanza quasi assoluta di molluschi e di zoofiti negli strati etruri inferiori sembra dimostrare delle due cose l' una, o che il mare etrurio non era adattato alla esistenza di questi animali, essendo in gran parte torbido di materie arenacee, ovvero che i depositi etruri succedevano ad una grande rivoluzione del

Globo, la quale avea distrutto la più gran parte degli animali marini preesistenti. La scoperta negli strati del macigno di alcuni rari molluschi cefalopodi appartenenti al periodo cretaceo rendono più probabile quest'ultima opinione. Possiamo credere che le ammoniti ed hamiti etrurie fossero avanzi della numerosa famiglia di questi animali che avea vissuto nel periodo cretaceo, la quale rimase estinta coll'ordine di cose che pose termine alla serie cretacea, e diede principio a quella etruria: durante tale sospensione della vita animale la natura preparava una nuova generazione di esseri, la quale cominciò a comparire verso il termine del terreno etrurio, e diremo quasi fu il ceppo di quelle razze che poi doveano grandemente popolare i mari nel periodo terziario. D'altra parte il mare etrurio dovea essere molto adattato alla vegetazione delle alghe e de' fuchi, poichè in nessun deposito della corteccia terrestre ne veggiamo raccolta una così gran copia come negli strati del terreno etrurio.

Sulla contrazione indotta

MEMORIA

del Prof. Carlo Matteucci

Colla denominazione di *contrazione indotta* s'intese in Inghilterra di esprimere un fatto fisiologico da me trovato, sono già alcuni anni. Userò d'ora innanzi questa denominazione, avendo il vantaggio di esprimere con brevità il fenomeno e in qualche modo la sua natura.

Comincerò dal ricordare con brevi parole in che consista questo fatto, e le ricerche principali che io feci sulle prime onde scuoprirne le leggi.

Preparata una rana galvanoscopica si fa riposare il suo nervo sopra una o sulle due coscie di una rana preparata alla maniera ordinaria: ciò fatto applicando i poli di una pila sui plessi lombari della rana veggonsi, al contrarsi dei muscoli delle coscie, svegliarsi nello stesso tempo delle contrazioni nella gamba galvanoscopica di cui il nervo riposa sulle coscie dell'altra rana. Ho scoperto questo stesso fatto posando il nervo della rana galvanoscopica sul muscolo della coscia d'un coniglio, facendo contrarre esso muscolo per mezzo d'una corrente che ne traversa il nervo. Ho pur visto accadere le contrazioni della rana galvanoscopica senza adoperare la corrente elettrica per far contrarre il muscolo che deve indurre le contrazioni, servendo egualmente uno stimolo qualunque sulla midolla spinale o sui plessi lombari. Tentai in fine queste esperienze, interponendo fra il nervo della rana galvanoscopica e la superficie muscolare inducente, strati sottilissimi di diverse sostanze. Una foglia d'oro o uno strato sottilissimo coibente di mica o di carta *glacé* interposta, impediscono il fenomeno, mancano cioè le contrazioni indotte nella rana galvanoscopica, mentre invece uno strato di carta fina imbevuta d'acqua non arresta la contrazione indotta.

Dall'insieme di questi fatti si era guidati a concludere: 1.° non potersi le contrazioni indotte nella rana galvanoscopica considerare dovute alla corrente elettrica diffusa, 2.° ed essere invece portati ad ammettere una scarica elettrica durante la contrazione di un muscolo.

Onde appoggiare questa spiegazione delle contrazioni indotte col fatto, tentai un grandissimo numero d'esperienze. Componevo perciò una pila di rane intere e chiudevo il circuito colle due estremità del galvanometro. Lasciato fissar, l'ago toccavo i nervi delle rane componenti la pi-

la con una soluzione di potassa, nel qual modo si svegliavano contrazioni in esse rane. Operando in tal guisa ho visto spesso accrescersi di qualche grado la deviazione, e indi l'ago retrocedere. Quando le rane erano state toccate più volte colla potassa o erano assai indebolite in maniera che toccandole di nuovo coll'alcali non vi fossero più contrazioni, m'è accaduto di non avere alcun segno d'aumento nell'ago del galvanometro nel maggior numero dei casi. Finalmente bagnando i nervi di rane disposte in pila con soluzioni acide o saline, la deviazione non cresceva mai, anzi diminuiva rapidamente.

Questi fatti, ai quali m'arrestai, potevano apparire in qualche maniera favorevoli all'idea che le contrazioni indotte fossero un effetto di una scarica elettrica che accompagna l'atto della contrazione muscolare: malgrado ciò non osai sin da principio affermare che la questione fosse completamente risoluta.

L'importanza però del fatto delle contrazioni indotte mi è parsa sempre grandissima, ed è perciò che non ho mancato di darmi al suo studio in questi ultimi tempi con tutta l'attenzione e mi lusingo d'averlo fatto con qualche successo. Spero che vorrete scusarmi della prolissità con cui sarò ad esporvi le molte esperienze sopra questo soggetto.

Prima di tornare a nuovi studj sul fatto fondamentale delle contrazioni indotte, ho voluto rivedere e variare le esperienze di cui ho già dato un cenno e che avevo tentate onde scuoprire se v'era sviluppo di elettricità nella contrazione di un muscolo. Conveniva operare sopra pile di un maggior numero di elementi di quelle che avevo adoperate onde avere una deviazione fissa e maggiore. Pensai perciò che più propria di una pila di rane fosse una pila muscolare (1).

(1) Colgo questa occasione per riferire un'esperienza fatta a provare l'esistenza della corrente muscolare nei muscoli dell'uomo vivo. Ho usato perciò il nervo della rana galvanoscopica, applicandola convenientemente sul muscolo della gamba messo allo scoperto da una fe-

È oramai fuor di dubbio dopo le mie ultime esperienze che a numero eguale di elementi presi sulle stesse rane, la corrente muscolare è assai più forte della corrente propria. Ho recentemente dimostrato che allorquando per difetto di nutrizione, per temperatura molto bassa, per l'azione dell'idrogene solforato ec. si trovano indebolite nella rana la corrente muscolare e la propria, la diminuzione è assai più grande per la seconda di quello che per la prima. E difatti componendo una pila con mezze rane, ottenute tagliando la coscia a metà, trovo una corrente differenziale più o meno grande, ma sempre nel senso della corrente muscolare. Non è che con rane molto robuste, tagliando molto in alto la coscia e lasciando poca superficie dell'interno del muscolo allo scoperto, che si trova o nulla la corrente differenziale o questa nel senso della corrente propria. È questo il fatto che io vidi nelle mie prime esperienze e che mi spiego ora anche meglio dopo gli ultimi miei lavori, riflettendo che nel lasciare quasi intera la coscia si hanno due elementi, cioè i muscoli della gamba e quelli della coscia che mandano la corrente nello stesso senso, mentre uno solo è l'elemento della corrente muscolare che dà la corrente in direzione contraria.

Ritornando al nostro soggetto, dirò che ho adoperato una pila muscolare onde vedere se v'era sviluppo d'elettricità nella contrazione d'un muscolo. Ma poichè per eccitare le contrazioni nel muscolo ero costretto a bagnarlo con soluzioni saline o acide concentrate o meglio con soluzioni alcaline, mi sono occupato prima di studiare l'azione di questi liquidi sulla corrente muscolare. A questo fine ho preso in mezzo ad un gran numero di rane otto di esse che ho preparate alla maniera solita e da cui ho ottenuto 16 dei soliti elementi o mezze coscie. Ho chiuso il circuito, l'ago è giunto a 90° e si è fissato a 22°. Un al-

rita. Le contrazioni le più vive si svegliavano nella rana galvanoscopica ogni volta che il circuito era chiuso convenientemente fra l'interno della ferita e la superficie.

tra pila simile fu fatta dopo aver lavato varie volte nell'acqua pura ed in seguito asciugate le 16 mezze coscie; il risultato fu il medesimo. Altri 16 elementi uguali furono messi per pochi secondi in una soluzione diluita d'acido solforico e poscia lavati più volte nell'acqua, tanto che non arrossassero più la carta del tornasole. Composta la pila, chiuso il circuito, s'ebbe una corrente nella direzione della corrente muscolare di soli 6° e 7° alla prima deviazione, e l'ago si fermò a 0°. Tagliai prontamente con forbici le mezze coscie in maniera da rinfrescare la superficie interna del muscolo: rifatta così la pila la prima deviazione fu anche più debole di quella or ora indicata.

Potendo credere che l'effetto della soluzione acida sugli elementi muscolari fosse stato di diminuirne la conducibilità, feci una pila muscolare di otto mezze coscie prese sopra rane intatte a cui aggiunsi quattro coscie intere prese da rane pure intatte: ebbi una corrente di 46°. Invece di adoperare le quattro coscie intere, usai quattro coscie intere che erano state nell'acido solforico e indi lavate; la corrente fu di 44°. La conducibilità non aveva dunque variato nelle masse muscolari trattate colla soluzione acida. E per essere anche più certo di questa conseguenza, tentai l'esperimento già descritto usando per prolungare il circuito non le coscie intere ma otto mezze coscie trattate colla soluzione acida e riunite, facendo toccare insieme l'interno dell'una coll'interno dell'altra: il risultato fu il medesimo.

Ho ripetuto egualmente questa stessa esperienza, adoperando una soluzione di potassa abbastanza concentrata onde tuffarvi per pochi istanti gli elementi muscolari o le mezze coscie. Questi elementi furono poscia lavati nell'acqua pura finchè non s'avevano più segni d'alcali. Composta la pila con 16 elementi, chiuso il circuito, s'ebbero 10° a 12° nel senso solito della corrente muscolare e una deviazione fissa insensibile. Rinfrescato con un taglio l'interno del muscolo e ricomposta la pila, il risultato fu il

medesimo. E anche in questo caso la conducibilità non aveva variato. Agiscono per conseguenza le soluzioni alcaline o acide sugli elementi muscolari, come avevo visto agire l' acqua ad una temperatura elevata. Ho rifatto una esperienza di questo genere e la riferirò solo per mostrare il suo accordo con quelle or ora riferite. Sedici mezze coscie furono lasciate per pochi secondi nell' acqua a circa + 50° C. Tolti questi elementi dall' acqua, lavati con acqua fredda ne formai la pila, chiusi il circuito ed ebbi 12° di prima deviazione nel senso della corrente muscolare, e l' ago si fermò a zero. Rifatta la pila dopo aver col taglio rinfrescata la superficie interna del muscolo, i segni della corrente furono come prima. Ed anche in questo caso mi sono assicurato che la conducibilità non era stata sensibilmente variata dall' azione dell' acqua calda. Aggiungerò infine che non è per le ripetute lavature nell' acqua pura alla temperatura ordinaria che si diminuisce l' intensità della corrente muscolare. Ho visto molte e molte volte la stessa deviazione, qualche volta più qualche volta meno, ottenersi da una pila di un dato numero di elementi o mezze coscie, talvolta lavate nell' acqua pura, talvolta no. Anche una soluzione di sal marino molto concentrata, in cui si lasciano per alcuni secondi gl' elementi muscolari, è capace di diminuire notabilmente i segni della corrente. Così mentre 16 elementi ordinarj danno una prima deviazione, che giunge sino a 90°, ed una fissa di 20° a 22°, se questi elementi sono stati per pochi secondi nella soluzione satura di sal marino, poscia lavati, si ottiene una prima deviazione che è di circa 60°, fissandosi poscia l' ago da 8° a 10°.

Eccoci dunque condotti a concludere che per l' azione delle citate soluzioni alcaline, acide, o saline molto concentrate, si distruggono negli elementi muscolari le condizioni per le quali lo sviluppo d' elettricità ha luogo: nè questa conclusione trovasi in opposizione coll' origine da

noi ammessa di questa corrente. Ma poichè per l'azione delle soluzioni acide od alcaline cessano o s' indeboliscono grandemente i segni della corrente muscolare, rimane a spiegarsi come nelle esperienze già riferite non s' abbia diminuzione della corrente in una pila di rane, toccandole colla soluzione alcalina, mentre si ha subito toccandola con una soluzione acida. Abbiamo anzi detto che operando coll' alcali alle prime contrazioni che si svegliano v' è in molti casi un sensibile aumento di deviazione che dura per pochi istanti. Cogli acidi invece la deviazione cala immediatamente per ritornare poi dopo qualche tempo. Vediamo di renderci conto di questi fenomeni, ma avanti tutto descriviamo le esperienze fatte più esattamente onde studiare se vi è sviluppo di elettricità nella contrazione. Preparo molte rane alla maniera ordinaria del Galvani, poscia taglio loro le gambe disarticolandole il meglio possibile. Mi trovo così colle due coscie di una rana unite al pezzo di midolla spinale. Taglio una delle coscie a metà e preparo così un certo numero d' elementi tutti simili fatti di una coscia intatta, del pezzo della midolla spinale, e di una mezza coscia. È facile ora d'intendere come con questi elementi compongo una pila muscolare, applicando cioè l' esterno della coscia intatta sull'interno della coscia dell' elemento successivo. Ciò fatto fo pescare le solite estremità del galvanometro nel liquido in cui terminano le due estremità di questa pila. Per mezzo di una piccola aggiunta ai manichi degli scandagli del galvanometro non ho più bisogno di tenerli colle mani perchè il circuito rimanga chiuso. Più e più volte ho ripetuta questa esperienza usando pile or di 12, or di 16, or di 20 elementi. Tanto la prima deviazione quanto quella fissa sono alquanto più deboli di quelle che s' avrebbero da un egual numero con pile di egual numero di sole mezze coscie. La differenza deve principalmente attribuirsi alla maggior lunghezza o resistenza del circuito. In tutti

i casi lasciato fissar l' ago ad una deviazione che è nelle diverse mie esperienze or di 10°, or di 12°, or di 15°, tocco prontamente i plessi lombari dei vari elementi della pila con una soluzione di potassa abbastanza concentrata, salvando però i soli elementi estremi nel timore che la soluzione alcalina potesse giungere nel liquido in cui pescano gli scandagli del galvanometro. Le contrazioni muscolari succedono immediatamente dopo l' applicazione dell' alcali, e si mantengono per qualche istante senza essere quasi mai tanto forti da interrompere la pila, staccaado un elemento dall' altro. *Durante queste contrazioni l' ago del galvanometro sta fermo.* In qualche caso ho visto l' ago discendere, in qualche altro salire di 2° o 3°. Ma queste variazioni sono incerte; mancano nel maggior numero dei casi e corrispondono più spesso a dei movimenti troppo bruschi degl' elementi della pila, che ne disturbano i contatti.

Concludiamo dunque che la diretta esperienza risponde negativamente alla questione che ci siam fatti, se v' era sviluppo d' elettricità nella contrazione muscolare.

Rimarrebbero così ad intendersi i fenomeni presentati, agendo sulla corrente propria e quindi adoperando rane intere, i quali consistono nell' ottenersi quasi costantemente segni d' aumento al primo toccare colla potassa i plessi lombari delle rane, mentre al contrario trattando con soluzione acida, l' ago discende all' istante. Ho ripetute perciò e variate quelle prime esperienze; ed ecco come quelle differenze possono intendersi.

Qualunque sia la forma degli elementi muscolari che si adoperano per comporre la pila, sia cioè fatta di rane intere, di mezze coscie, o quale l' abbiamo descritta; se colla soluzione alcalina o acida si bagna la superficie degli elementi muscolari, avviene costantemente, vi sieno o no contrazioni, che la deviazione diminuisce e l' ago torna verso lo zero, ove rimane se l' azione dell' alcali è

ripetuta o la soluzione troppo concentrata. Questo effetto è identico a quello già descritto, che presentano gli elementi muscolari stati immersi per qualche istante nelle soluzioni acide o alcaline. Nella maniera di esperimentare da noi adottata si toccano coll' alcali, onde eccitare le contrazioni nei muscoli, dei punti che sono in qualche modo fuori del circuito e che non costituiscono di certo le parti dell' elemento elettromotore. Nella pila di rane intere in cui si riesce il più spesso ad avere segno di aumento nella corrente per qualche istante, toccando coll' alcali i plessi lombari soli, mai si ottengono questi aumenti se si bagna colla soluzione alcalina tutta la superficie muscolare. Aggiungerò ancora che se si usa la soluzione acida, avendo cura di toccare con un pennello i soli plessi lombari e mai i muscoli delle cosce o delle gambe, la deviazione non s' indebolisce, e malgrado le contrazioni che si svegliano, benchè minori di quelle che produce l' alcali applicato sui muscoli, non vi è aumento di deviazione. Convien toccare la superficie del muscolo coll' acido per vedere l' ago discendere. Questo stesso avviene coll' alcali, ed è, ripeto, d' accordo colle esperienze già riferite sugli elementi muscolari che sono stati immersi nelle soluzioni acide o alcaline.

Non è dunque che colla sola pila di rane intere, e toccandone coll' alcali solamente i plessi lombari, che si vede spesso un lieve aumento di deviazione, mentre ciò non avviene operando egualmente cogli acidi. Stando a tutte le esperienze riferite è impossibile di riguardare questo risultato contrario alla risposta negativa che abbiamo dato in una maniera assoluta alla questione fattaci di scuoprire coll' esperienza, se v' era elettricità sviluppata nella contrazione muscolare.

Per poco che si sia tenuto dietro all' insieme di questi fenomeni, è impossibile di non concepire quanta è la difficoltà che s' incontra volendo spiegare perchè nel caso

particolare suddescritto possa l'alcali produrre un aumento di deviazione nella corrente propria della pila di rane intere: inclinerei a credere che essendo dall'alcali più che dagli acidi eccitate forti e permanenti contrazioni nei muscoli, venissero così nel maggior numero dei casi meglio stabiliti i contatti fra un elemento e l'altro e quindi accresciuta la conducibilità interna. Difatti nella pila di rane intere assai male si stabiliscono questi contatti, e si vede sempre una grande differenza nella intensità della corrente cogli stessi elementi, meglio stabilendo questi contatti.

Checchè ne sia della interpretazione da darsi del piccolo aumento che avviene nell'intensità della corrente propria, toccando i plessi lombari delle rane e svegliando così delle contrazioni muscolari, certo è che questo fatto solo non può condurci a stabilire che vi è sviluppo d'elettricità nella contrazione muscolare e che da tutti gli altri casi surriferiti se ne deve invece indurre il contrario.

Passo ora ad esporre i molti nuovi studj fatti sul fenomeno della contrazione indotta; per quanto e lunghi minuti, ho creduto di doverli tentare per la grande importanza del fatto principale.

Basta di aver visto una volta il fatto della contrazione indotta, ottenuto senza svegliare le contrazioni per mezzo della corrente elettrica, per non poter più ammettere che questa corrente sia la diretta cagione delle contrazioni indotte. Posato il nervo della rana galvanoscopica sui muscoli della coscia d'una rana preparata alla maniera ordinaria, se colle forbici, collo spigolo d'una lastra di vetro o in un altra maniera qualunque, si viene a lacerare prontamente la midolla spinale della rana, è raro che manchino le contrazioni indotte. Lo stesso deve dirsi della contrazione indotta eccitata per quella specie di tetano in cui si mette la rana traversata da molto tempo dalla

corrente inversa allorchè s' apre il circuito. È però certo che eccitando la contrazione delle coscie col passaggio della corrente pei plessi lombari, il fenomeno delle contrazioni indotte non manca quasi mai.

Avendo perciò adoperato il più spesso nelle mie ricerche l' uso della corrente per eccitare le contrazioni, ho prese tutte le precauzioni perchè non potessi mai temere che la rana galvanoscopica o le coscie della rana intera fossero invase da una porzione della corrente stessa. Il metodo che meglio riesce è quello di empire quasi interamente di trementina un piatto ordinario da tavola, e di stendere la rana sopra la trementina. È inutile dire che si deve adoprare trementina tanto densa che la rana non possa immergervisi; conviene anche aver cura nel preparare la rana galvanoscopica, di non lasciare attaccato al nervo alcun pezzetto di muscolo.

Qualunque sia la disposizione del nervo della rana galvanoscopica relativamente alle fibre muscolari della coscia, il fenomeno delle contrazioni indotte sussiste sempre. Così in qualche caso ho steso questo nervo parallelamente alle fibre muscolari, oppure l' ho disteso normalmente alle suddette fibre o infine l' ho piegato a *zig-zag*, cioè in tutti i sensi, e le contrazioni indotte si son sempre ottenute in tutti i casi e senza differenza sensibile.

Queste stesse contrazioni indotte si ottengono applicando il nervo della rana galvanoscopica sul muscolo gastronemio della gamba.

Ho anche provato a lavare più volte nell' acqua pura la rana *inducente* onde toglierle qualunque traccia di sangue o d' altro umore che poteva esser sparso sulla superficie de' suoi muscoli, e le contrazioni indotte hanno sussistito egualmente.

Ho tagliato con un rasojo o meglio con forbici la superficie dei muscoli, ho quindi posato il nervo della rana galvanoscopica sul solo interno dei muscoli stessi; la contrazione indotta vi è stata.

Egualmente è accaduto disponendo il nervo della rana galvanoscopica sul muscolo, in maniera che l'estremità di detto nervo si ripieghi sopra il nervo stesso e venga a formare una specie di circuito chiuso.

Ho pur voluto vedere se le contrazioni indotte sussistevano anche quando il nervo della rana galvanoscopica non era stato tagliato. Ho preparato perciò la rana in maniera da conservare integro il nervo, ed ecco come. Spellata una rana, le tolgo i visceri, indi le ossa e i muscoli del bacino, e finalmente i muscoli della coscia, avendo cura di salvare il nervo della coscia. In tal maniera ottengo una rana di cui il sistema nervoso è integro, e che ha scoperto un lungo filamento nervoso, cioè il plesso lombare, e il nervo della coscia. Ottenuta così la rana ne preparo un'altra alla maniera ordinaria, che poso sopra la trementina nel modo già descritto. Allora dispongo il nervo della rana preparata, come si è detto, sulle coscie dell'altra rana. Eccitando le contrazioni muscolari, si ottengono le contrazioni indotte, come si hanno, usando la sola rana galvanoscopica, e nello stesso tempo si ottengono pure le contrazioni nei muscoli del dorso e nell'altra gamba. Avremo occasione di ritornare più innanzi sopra questo esperimento, dal quale ci limitiamo per ora a dedurre, che le contrazioni indotte si ottengono anche quando il nervo posato sui muscoli in contrazione è integro.

Usando la rana così preparata ho esperimentato le contrazioni indotte, facendo sì che il nervo, che è in contatto del muscolo in contrazione, fosse già in qualche maniera eccitato o da una corrente o da uno stimolo qualunque. Ho usato a questo fine di chiuder la rana galvanoscopica nel circuito d'una coppia voltiana, oppure di applicare sul nervo una goccia di soluzione alcalina. Tutte le volte che i muscoli *inducenti* entrano in contrazione, vi è sempre contrazione indotta, sia che il nervo per cui si tra-

smette questa contrazione indotta sia già eccitato o nò, e per conseguenza quand' anche è già in contrazione il muscolo su cui si genera questa contrazione indotta. E malgrado la contrazione della rana galvanoscopica, non si prova difficoltà a scorgere la contrazione indotta che sopraggiunge.

Molte esperienze e assai facili possono farsi per provare che in qualunque maniera sia eccitato il nervo del muscololo *inducente*, se la sua contrazioue manca, manca pure la contrazione indotta. Mi limiterò a riferirne alcune principali. Tagliati i nervi in due o tre punti nel muscolo inducente, perchè la contrazione non possa aver luogo, manca sempre la contrazione indotta, allorchè si viene a stimolare il nervo in una maniera qualunque nei punti estremi al muscolo inducente.

Senza tagliare il nervo, se si tagliano tutte le estremità tendinose dei muscoli della coscia e si fanno anche altri tagli trasversi negli stessi muscoli, avendo cura di non tagliare i nervi, allorchè si viene a stimolarli, manca la contrazione inducente ed anche l' indotta.

Tagliando con cura tutti i muscoli della gamba di una rana, si può avere scoperto il filetto nervoso che scorre nella gamba stessa. S' irriti questo nervo o colla corrente o con un altro stimolo qualunque dopo avere steso il nervo della rana galvanoscopica sui muscoli della coscia dell' altra. I muscoli della coscia non si contraggono; manca anche la contrazione indotta.

Operando sopra conigli o sopra cani, ho potuto agire colla corrente elettrica sui filetti nervosi che vanno ai reni, allo stomaco, agl' intestini: intanto il nervo della rana galvanoscopica era disteso sopra queste diverse parti. nelle stesse condizioni in cui si tiene sui muscoli: non ottenni mai alcun segno di contrazione indotta.

Ho cercato anche di scuoprire se vi era contrazione indotta applicando il nervo della rana galvanoscopica sul

nervo eccitato. A questo fine basta di preparare due rane galvanoscopiche e di distendere il nervo dell' una sopra il nervo dell' altra nei punti prossimi alla gamba. Per fare l' esperienza con ogni cura si dispongono le due rane sulla trementina. Allora, o colla corrente o con un altro stimolo qualunque, s' irritano i punti superiori del nervo della rana, che seguiterò a chiamare *inducente*: non v' è alcuna contrazione indotta nella rana galvanoscopica, mentre questa contrazione, vi è subito se il suo nervo si stende sul gastronemio dell' altra rana: È inutile di dire che adoperando la corrente per eccitare la contrazione inducente, non si deve mai mettere alcuno dei reofori della pila in contatto o in prossimità del nervo della rana galvanoscopica. Si deduce dalla riferita esperienza che un nervo eccitato, e in cui di certo si propaga la cagione qualunque che sveglia nel muscolo la contrazione, e nel cervello la sensazione, non agisce sopra il nervo della rana galvanoscopica quantunque vi sia in contatto.

Aggiungerò ancora l' esperienza seguente. Ad una rana preparata alla maniera ordinaria ho scoperto il cervello colla maggior cura possibile, ed ho disteso sopra di esso il nervo della rana galvanoscopica. In varie esperienze così tentate ho applicata la corrente or diretta, ora inversa sui plessi lombari: in altre ho toccato colla potassa questi plessi, ed avevo sempre le contrazioni nelle membra inferiori e le convulsioni del dorso. Non ebbi però mai segno di contrazione indotta nella rana galvanoscopica che stava distesa sul cervello.

Dal solo muscolo in contrazione si svegliano dunque le contrazioni indotte.

Ho cercato di scuoprire come s' indebolivano queste contrazioni indotte, facendole svegliare da un muscolo di cui la contrazione era indotta. In una parola ho cercato le contrazioni indotte, di secondo, o di terz' ordine ec. A tal uopo preparo varie rane galvanoscopiche, ed una al-

la maniera ordinaria, e le dispongo nella maniera seguente: sui muscoli delle coscie della rana intera stendo il nervo di un'altra rana galvanoscopica, e così successivamente. Il tutto è posto sulla trementina. Eccitando le contrazioni nella rana intera, facendo passare la corrente per i suoi plessi lombari, ho visto in molti casi contrarsi nello stesso tempo tre rane galvanoscopiche, e quasi tutte colla stessa vivacità. Non mancano mai le contrazioni in due rane galvanoscopiche; ma non ho mai potuto scorgerne quattro in contrazione. Vi è dunque contrazione indotta di primo, di secondo e di terz'ordine.

Prima di venire alle conseguenze da trarsi dai suesposti fatti, mi rimangono ancora a descrivere le esperienze molte che ho fatte onde scuoprire l'influenza dei corpi interposti fra il muscolo in contrazione e il nervo della rana galvanoscopica, sulla contrazione indotta.

Sin dalle mie prime esperienze sulla contrazione indotta, avevo visto che stendendo una foglia d'oro, di quello con cui si dora, sui muscoli, e posando poi sul muscolo dorato il nervo della rana galvanoscopica, la contrazione indotta non s'otteneva più. Perchè questo accadesse, conveniva però che il muscolo fosse completamente dorato, lo che non avviene specialmente dopo una o due contrazioni, per le quali la foglia d'oro si lacera. Allora pure avevo visto che una carta verniciata, *papier glacée*, interposta fra il muscolo ed il nervo, impediva la contrazione indotta. In fine una carta da feltro imbevuta d'acqua o del liquido sieroso che bagna la superficie dei muscoli, interposta fra questa ed il nervo della rana galvanoscopica, non impedisce le contrazioni indotte. A questi soli tre casi, relativi all'influenza dei corpi interposti sulla contrazione indotta si riducevano le nostre cognizioni. Ho cercato perciò di assai estendere e variare l'esperienze. La maniera costante di operare che ho tenuta, consiste nel preparare una rana alla maniera del

Galvani, e nel posarla sulla trementina: intanto un ajuto viene preparando nuove rane galvanoscopiche di cui stendo il nervo sui muscoli delle coscie della prima rana. Onde svegliare le contrazioni inducenti adopero sempre una piccola pila alla Faraday di quindici elementi immersi nell' acqua pura, e di cui i reofori sono coperti di seta e verniciati.

Non v' è corpo liquido fra i molti che ho tentati, che impedisca la contrazione indotta: l' acqua, l' acqua leggermente acidulata, o salata, il siero, il sangue, l' olio d'oliva, l' alcool allungato, la vernice di alcool e resine, l' olio volatile di trementina sono i liquidi adoperati in queste esperienze, e attraverso dei quali la contrazione indotta ha luogo. Uso sempre di lasciar cadere alcune goccie del liquido sperimentato sul muscolo, e di bagnare il nervo della galvanoscopica collo stesso liquido. La contrazione indotta sussiste ancora se una carta sottilissima da feltro, imbevuta dei suddetti liquidi, è interposta fra il muscolo e il nervo.

La poca conducibilità di alcuni dei liquidi adoperati (olio, olio volatile di trementina, vernice ec.) mi ha fatto dubitare che la contrazione indotta sussistesse anche malgrado l' interposizione di un corpo assolutamente isolante.

M' assicurai difatti che attraverso ad uno strato anche sottilissimo dei suddetti liquidi, tanto la corrente muscolare, quanto la propria, non si propagavano. Prendendo la rana galvanoscopica colla mano, e facendola col suo nervo venire in contatto di una carta bagnata, che sia in una maniera qualunque in comunicazione col suolo, si hanno, come ben si sa, le contrazioni. Lo stesso avviene toccando col nervo della rana galvanoscopica i muscoli qualunque d' una rana o d' un altro animale in comunicazione col suolo. In tutti questi casi è sempre la corrente propria che circola attraverso l' osservatore, il suolo, il

corpo toccato e la rana galvanoscopica. Ora, se si bagna il nervo della rana galvanoscopica o nell'olio, o nell'olio volatile di trementina, o nella vernice, basta il piccolo strato che rimane aderente al nervo, perchè sia impedita la circolazione della corrente propria.

È indubitato dunque, che se la contrazione indotta si propaga attraverso ad uno strato di uno dei cattivi conduttori citati, non può di certo questa contrazione indotta esser dovuta ad una corrente, che generata nel muscolo in contrazione passerebbe nel nervo della rana galvanoscopica.

Tuttavia queste esperienze erano tanto importanti per la teoria del fenomeno della contrazione indotta, che ho voluto tentare ad interporre fra il muscolo in contrazione e il nervo della rana galvanoscopica un corpo che fosse anche più cattivo conduttore di quelli citati. Il corpo che mi ha servito in queste esperienze è stato la trementina di Venezia quasi solida e resa più o meno liquida coll'aggiunta di un poco d'olio volatile di trementina. Spalmate le coscie di una rana con questo miscuglio e bagnatone il nervo della rana galvanoscopica, preparo al solito l'esperienza e veggo la contrazione indotta sussistere. Per provare la cattiva conducibilità del miscuglio adoperato, mi affretto subito a dire che se applico un polo della pila con cui eccito le contrazioni, sullo strato del miscuglio coibente, bene inteso senza penetrare sino al muscolo, e tocco coll'altro polo la gamba della rana galvanoscopica, non si svegliano in essa contrazioni. È dunque provato dalle citate esperienze che la contrazione indotta si propaga attraverso ad uno strato di sostanza coibente tale che impedisce la propagazione non solo della corrente muscolare e della propria, ma anche di quella corrente che eccita la contrazione inducente.

Se lo strato coibente interposto oltrepassa certi limiti di grossezza e se esso non ha una conveniente liquidità,

la contrazione indotta manca. È impossibile però di determinare dentro quali limiti di grossezza di strato e di liquidità del miscuglio questo avviene: mi basta d'avere stabilito coll'esperienza che in qualche caso s'ottiene la contrazione indotta, mentre fra il muscolo e il nervo si trova interposto uno strato coibente che di certo arresta la corrente muscolare e la propria, non che una corrente voltiana ordinaria.

Dirò finalmente, di non esser mai riescito ad ottenere la contrazione indotta adoperando un corpo solido interposto, per quanto sottile lo abbia scelto, e qualunque sia la sua natura. A questo fine ho adoperato lamine di mica estremamente sottili, lamine di solfato di calce, la foglia d'oro, la carta con colla, le foglie di vegetabili ec. Sempre mancò la contrazione indotta. È però un fatto assai curioso e credo anche importante nelle sue conseguenze, quello di ottenere la contrazione indotta attraverso alla pelle dei muscoli inducenti della rana.

L'esperienza non manca mai di riescire, sia che la contrazione inducente si ecciti colla corrente elettrica, o con uno stimolo qualunque, applicato sui plessi lombari della rana inducente.

Dopo aver così esposto una lunga serie di fatti relativi alle circostanze che intervengono a produrre, a modificare, o a distruggere il fenomeno della contrazione indotta, potrebbe credersi che colla scorta di questi si potesse salire alla teoria fisica del fenomeno. Disgraziatamente ne dubito assai, e sono perciò costretto a discutere minutamente le diverse ipotesi che si possono immaginare onde interpretare il fenomeno della contrazione indotta.

1.° Basta di aver vista una volta la contrazione indotta, determinata svegliando le contrazioni inducenti con uno stimolo meccanico qualunque, per non poter più in alcun modo sospettare che la corrente elettrica adopera-

ta per eccitare la contrazione si propaga sino al nervo della rana galvanoscopica (1). Come intendere la contrazione indotta di secondo, di terz' ordine? Come spiegarsi che la contrazione indotta manca, benchè la corrente sia applicata, come al solito, sui plessi lombari della rana inducente, e solo perchè per il taglio dei nervi nella coscia si è tolta o grandemente diminuita la contrazione inducente? Perchè manca la contrazione indotta quando s'applica la stessa corrente nel nervo al disotto della coscia, per cui non vi sono le contrazioni inducenti? Perchè allorquando s' agisce colla corrente sui plessi lombari di una rana già indebolita a modo da non aver più le contrazioni se non che al cominciare della corrente diretta e al cessare dell' inversa, perchè in questi soli casi vi è la contrazione indotta? È inutile di continuare ad annoverare le obbiezioni che si possono fare all' interpretazione della contrazione indotta, ricorrendo ad una diffusione della corrente eccitante le contrazioni inducenti; diffusione che non può in verun modo fisicamente concepirsi.

2.° Potrebbe sospettarsi che la contrazione indotta fosse la conseguenza di uno stimolo meccanico, cioè dell' urto dei muscoli inducenti che si contraggono e scuotono così il nervo della rana galvanoscopica.

Ho provato tante e tante volte adoperando rane galvanoscopiche estremamente delicate, a promuovere dei movimenti in tutte le maniere possibili nelle masse muscolari delle coscie, e mai potei vedere contrarsi la rana galvanoscopica. Se la cagione del fenomeno fosse quest' urto, come spiegarsi il cessare della contrazione indotta

(1) Per eccesso di cautele, ho tante volte provato ad ottenere la contrazione indotta, eccitando la contrazione inducente colla lacerazione della midolla spinale per mezzo di una lastra di vetro. La contrazione indotta è stata, come se la contrazione inducente fosse stata eccitata colla corrente o con un altro stimolo qualunque.

per l'interposizione di una tenuissima foglia d'oro o di mica fra il nervo e il muscolo? Ho provato tante e tante volte ad applicare il nervo della rana galvanoscopica sopra lastre di metallo, di vetro, sopra membrane tese, sopra corde di budella, mentre erano in vibrazione, e mai vi fu segno di contrazione nella rana galvanoscopica. Non è dunque l'urto del muscolo in contrazione contro il nervo della rana galvanoscopica, la cagione della contrazione indotta.

3.° Accade qualche rarissima volta di aver la contrazione nella rana galvanoscopica allorchè si distende il suo nervo sulla coscia dell'altra rana, e ciò anche nel caso in cui ambedue sono perfettamente isolate. È però certo che tutte le volte che questo avviene non si manca di scuoprirne la cagione. Questa consiste ora nell'essere l'interno del muscolo scoperto in qualche punto, ora perchè al nervo della rana galvanoscopica rimane unito qualche pezzetto di muscolo che viene a toccare col nervo, allorchè questo si distende sulla coscia. M'è parso anche che qualche volta queste contrazioni accadessero, allorchè si veniva a toccare con due punti del nervo della rana galvanoscopica le estremità tendinose e la superficie dei muscoli della coscia. Intanto diciamo che la contrazione indotta si ottiene costantemente in tutti i casi, in cui per le cure prese non si verificano le circostanze suddette che possono far svegliare la contrazione della rana galvanoscopica. Sappiamo pure che tagliata con forbici la superficie muscolare delle coscie e resa così tutta uniforme, la contrazione indotta sussiste applicato il nervo della rana galvanoscopica sulla nuova superficie interna del muscolo. Questa contrazione indotta sussiste ancora attraverso alla pelle della rana, non che interponendo degli strati liquidi coibenti fra il nervo ed il muscolo. Ed abbiamo visto che la coibenza di quelli strati era tale da non permettere la circolazione della corrente propria e della muscolare. Co-

me può, dopo ciò, supporsi che la contrazione indotta abbia origine dalle circostanze suaccennate, anche ammettendo che siano rese più attive, o che si sveglino per la contrazione muscolare? Queste circostanze non possono essere che un fenomeno di corrente muscolare o di corrente propria, che dovrebbe percorrere il nervo della rana galvanoscopica, anche quando il nervo della rana galvanoscopica sia involto da uno strato di sostanza coibente, ciò che abbiam visto non poter essere.

4.° La prima idea venuta onde interpetrare la contrazione indotta, fu quella di uno sviluppo di elettricità che accompagni la contrazione muscolare. V' è sviluppo di calore nell' atto della contrazione: secondo l' osservazione importante di Quatrefage, che importerebbe assai che fosse di nuovo ripetuta onde stabilirne meglio tutte le circostanze, vi sarebbe sviluppo di luce in certi casi di contrazione muscolare. Da ciò, un certo grado d' analogia per conchiudere non improbabile la produzione di elettricità nella contrazione muscolare; d' altra parte le poche esperienze che feci allorchè scuoprii la contrazione indotta potevano interpetrarsi assai bene in questa ipotesi. Un corpo coibente, come una lamina di mica o una carta verniciata, impedivano colla loro interposizione la contrazione indotta; e non poteva essere diversamente. Accadeva lo stesso anche quando una lamina d' oro, scaricando perfettamente l' elettricità che si supponeva prodotta nella contrazione, faceva così che il nervo non ne fosse percorso.

Malgrado questi primi passi che lusingavano a dare una spiegazione assai semplice della contrazione indotta e conducevano nello stesso tempo a provare un fenomeno importante nella contrazione muscolare, noi siamo oggi costretti ad abbandonare affatto questa idea perchè contraddetta dall' esperienza.

Al principio di questa Lezione ho riferito con tutta l' estensione possibile le molte esperienze tentate onde cercare se v' era aumento nell' intensità della corrente muscolare o della propria nell' atto della contrazione. Tutti i miei sforzi sono stati inutili, ed ho dovuto concludere che l' esperienza non provava divenire maggiori i segni della corrente muscolare o della propria nell' atto della contrazione muscolare.

Potrebbe credersi ad uno sviluppo di elettricità indipendente dalla corrente muscolare e dalla propria. Ma come supporlo, allorchè si vede che la contrazione indotta si propaga attraverso a certi strati coibenti, come sarebbe la trementina, l' olio ec., mentre ciò non ha luogo se si usa una lamina di mica estremamente sottile. Si sarebbe potuto dubitare che l' elettricità sviluppata nella contrazione muscolare avesse agito per influenza. In questa ipotesi s' intenderebbe perchè la trementina non arresta la contrazione indotta; ma intanto poi rimane doppiamente oscuro perchè colla lamina di mica estremamente sottile questo abbia luogo. Ho provato infatti a cuoprire una rana galvanoscopica posata sopra una lastra di vetro con una lamina di mica: la scarica elettrica di una bottiglia scocca fra i bottoni dell' eccitatore universale sopra la lamina di mica, e le contrazioni si svegliano nella rana galvanoscopica. Non m' occuperò in questo momento ad analizzare questo fatto: basta per ora a provarci che dovrebbe esservi contrazione indotta attraverso alla lamina di mica, se la cagione del fenomeno fosse una scarica elettrica o l' influenza di questa. Aggiungerò finalmente di aver tante e tante volte provato, e sempre inutilmente a svegliare le contrazioni nella rana, tenendo il nervo della rana galvanoscopica in prossimità e anche al contatto di un conduttore metallico percorso dalla corrente elettrica. Per mettermi nelle circostanze favorevoli, onde il circuito indotto possa esser completo nella rana, preparo

la rana in maniera che un lungo filamento nervoso, cioè uno dei plessi lombari e il suo seguito nella coscia, siano allo scoperto. La rana è intatta nel resto e le due gambe si toccano insieme. Sostengo la rana con cordoni di seta in maniera che essa sia orizzontale e che il suo filamento nervoso sia in contatto e paralello al conduttore voltiano, che è verniciato. Quando tutte le cure sono prese per bene isolare la rana, non si vedono mai contrazioni in essa nè al chiudere nè all' aprire del circuito della pila. Vedesi che in questa disposizione il circuito indotto può aver luogo nella rana. Ho adoperato una pila di Bunsen di 10 elementi senza alcun risultato.

Non v' è dopo tutto ciò alcuna prova sperimentale in favore della spiegazione del fenomeno della contrazione indotta, ammettendo uno sviluppo di elettricità nell' atto della contrazione muscolare.

Ignoriamo ancora la cagione della contrazione muscolare e non sappiamo di questo fenomeno se non se, che si sveglia agendo anche a grandi distanze dal muscolo sul nervo che vi si ramifica, che questa azione per propagarsi esige l' integrità del filamento nervoso dal punto su cui si è agito sino al muscolo, che questa propagazione si fa con una velocità, che non possiamo giudicar minore di quella con cui la luce, il calore, l' elettricità si propagano nei diversi mezzi, che ciò che modifica, aumenta o distrugge il complesso dei fenomeni fisico-chimici compresi nella nutrizione del muscolo, opera egualmente sulla sua contrattibilità promossa da un' azione qualunque su i nervi, finalmente che negli effetti della contrazione di un muscolo si verifica un analogia colla legge fisica dei corpi elastici.

Il fenomeno della contrazione indotta è dunque un fenomeno d' induzione di quella forza qualunque, che circola nei nervi e che sveglia la contrazione muscolare.

Ammettendo per ben dimostrato, che non può darsi

del fenomeno della contrazione indotta una spiegazione soddisfacente ricorrendo all' elettricità o ad altre cagioni conosciute, come mi sembra d' averlo provato con tutta l' evidenza, mi pare che non si possa, trattandosi di un fatto semplice, come lo è quello della contrazione indotta, interpetrarlo diversamente di quello che abbiamo fatto. La contrazione indotta non è che un nuovo fenomeno della forza nervosa, fenomeno di cui v' abbiamo date le leggi principali. Mi sembrerebbe perciò più giusto di chiamare d' ora innanzi *induzione muscolare*, quella che ho detta sin qui contrazione indotta.

Un muscolo in contrazione esercita un azione induttiva sopra un nervo vivo.

Alcune osservazioni sul latte di cagna

del Prof. Fr. Selmi

Le molte indagini da me istituite sul latte di vacca ed i risultamenti avutine, mi furono di sprone a fare qualche indagine sul latte della cagna, il quale sappiamo essere poverissimo di lattina o zucchero di latte. Procuratami una cagna lattante, alimentata per tre giorni continui con sola carne, fu munta ed in recipiente di latta raccolto il latte, il quale assaggiato colle carte probatorie manifestò un' azione alcalina energica, poichè in certo tempo mutò all' azzurro intenso la carta rossa di tornasole.

Questo latte era densissimo, carico di molto burro, che venne a galleggiere alla superficie a capo di un giorno di quiete. Appena munto ne presi una porzione, lo immersi in bagno a + 40° R., e vi unii energica infusione di presame. Al termine di un' ora, accadde la coagulazione, formandosi un siero lattiginoso, che a poco a poco si rese pellucido e giallognolo per la separazione di molta sostanza butirracea rimastavi emulsionata nell' atto del rap-

pigliamento. L'azione del siero sulla carta di lacca muffa si manifestò per alcalina. Dunque anche in questo caso si ebbe coagulazione di latte alcalino, col mezzo del presame, senzachè scomparisse la reazione alcalina.

Quattro ore dopo l'estrazione del primo latte, ne fu munto altra quantità, che parimenti riuscì alcalino in modo distinto, che si coagulò benissimo coll'infusione di presame, formando un coagulo compatto, continuo, molto sodo, dotato di reazione alcalina.

I due latti nel giorno susseguente alla loro mungitura, visitati ed assaggiati, davano reazione alcalina sempre manifesta, e coprivansi alla superficie da grosso strato di burro.

Al terzo giorno l'azione alcalina era già dileguata e i latti stavano fra la neutralità ed una debolissima tendenza acida, erano liquidissimi e non mostravano indizii di prossimo rapprendimento.

Al quarto giorno la loro coagulazione si effettuò circa in sull'ora corrispondente a quella in cui quattro dì innanzi erano stati munti. L'azione loro era acida assai, il coagulo compatto e sodo, dal quale non si separò il siero che scorse parecchie ore dopo la coagulazione. Il latte primo si rappigliò 4 ore avanti del secondo mantenendo la distanza di tempo che fu tra il punto in cui il medesimo uscì dalla mammella, e il punto in cui più tardi l'altro venne estratto.

Nel giorno medesimo in cui era stato munto il latte, per innavvertenza si diede da mangiare alla cagna, una zuppa di pane, da chi la teneva in custodia, onde non potei continuare le incominciate investigazioni, le quali erano dirette eziandio a cercare se nel latte suddetto si trovasse la lattina. Tuttavia valendomi dello sbaglio commesso da chi incombeva a dare il nutrimento all'animale, attesi a seguire passo passo i mutamenti che sarebbero avvenuti nel latte durante il nuovo regime, non più di sola carne, ma di carne poca unita a molto pane. E

principalmente mi volsi a tenere in conto, come di segnale certissimo della crescente proporzione della lattina in quel latte, se a mano a mano che la nutrizione mista progrediva, il latte acquistasse ad un tempo maggiore attitudine ad inacidirsi ed a coagularsi spontaneamente. Noi sappiamo che nella coagulazione spontanea l' acido lattico interviene qual coadjutore attivissimo della reazione, ed era a credersi che aumentando in dose la lattina, si potesse sempre più produrre maggior porzione dell' acido.

Il latte raccolto al secondo giorno, cimentato colla carta rossa di tornasole, fece volgere il colore all' azzurro rapidamente, abbandonò molto burro, si mantenne alcalino per due dì, al terzo dei quali non solo apparve acido, ma di più si rappigliò.

Ebbi cura appena avuto il latte, di separare 10 grammi che versai in vasello a parte e posi accanto all' altro, affinchè ambedue fossero sempre nelle stesse circostanze di luce, di temperie etc.; ai 10 grammi del latte disgiunto aggiunsi 0,025 di lattina, all' oggetto di conoscere se la presenza di quantità tanto tenue della sostanza zuccherina fosse valevole a sollecitare l' inacidimento ed il rappigliamento. Osservando con attenzione la trasformazione di questa porzione di latte, m' avvidi che in sui primordii del secondo dì la sua reazione cominciava a rendersi acida, ed in sulla fine del giorno medesimo lo ebbi coagulato in denso grumo. Dunque per la semplice addizione di $^1/_4$ della proporzione di lattina solita a riscontrarsi nel latte di vacca, l' acidità e la coagulazione fu accelerata di un giorno intero, ossia di un terzo del tempo totale che fu necessario al latte puro a rapprendersi da se.

Il latte raccolto al terzo giorno in cui la cagna si cibava di carne e pane, collocato nel luogo ove erano i latti del primo e secondo giorno, si coagulò a capo dei due dì, come fece il latte a cui era stata aggiunta la lattina. Alcalino molto al punto in cui uscì dalle mammelle,

scorso un giorno aveva già tramutato ad acidità debole che crebbe gradatamente fino allo spontaneo rappigliarsi.

Finalmente volli del latte raccolto al quarto giorno, per indagare, se contenesse lo zucchero in quantità discernibile col mezzo dei procedimenti analitici, al qual effetto non lo lasciai inacidire e coagulare, ma appena munto lo mescolai con acido solforico allungato, precipitando così la caseina, e separando per filtrazione il siero, che neutralizzai con carbonato baritico, digerendo la mescolanza per qualche tempo a blando calore. Compiutasi la saturazione, feltrai il liquido, e lo esposi di nuovo al fuoco, affine di svaporarlo. Si formarono durante lo scaldamento fiocchi di materia albuminosa, che mi obbligarono a ripetere l' operazione. Dal liquido così ridotto, poscia svaporato, ottenni per residuo una materia bianca, alquanto vischiosa ed attraente l' umidità atmosferica. Sopra tal materia versai alcoole concentrato e freddo alcalinulato con un poco di potassa caustica. Il liquido alcalino si fece torbido e quasi latteo, e lasciò indisciolto un residuo bianco e terreo misto con altro gialliccio e vischioso. Lavato con alcool, asciugato e posto in luogo umido, la parte bianca e terrea non s' alterò, ma la parte vischiosa s' inumidì cadendo in deliquescenza. Poco d' acqua fredda bastò a separare l' una parte dall' altra, essendosi immediatamente sciolta la seconda, e rimasta non disciolta la prima.

La parte bianca e terrea, scaldata imbruniva appena, e svolgeva un debole odore di peli in combustione; bollita con potassa caustica ed idrato d' ossido di rame non produsse riduzione alcuna.

La parte vischiosa e gialliccia, svaporata e scaldata imbruniva spandendo l' odore del caramele in principio, e l' empireumatico in sul fine; bollita con potassa caustica ed ossido di rame, ingenerò la formazione del rosso di rame solito a nascere per l' azione di certi zuccheri.

L' alcool alcalinulato fu preferito al semplice, all' og-

principalmente mi volsi a tenere in conto, come di segnale certissimo della crescente proporzione della lattina in quel latte, se a mano a mano che la nutrizione mista progrediva, il latte acquistasse ad un tempo maggiore attitudine ad inacidirsi ed a coagularsi spontaneamente. Noi sappiamo che nella coagulazione spontanea l' acido lattico interviene qual coadjutore attivissimo della reazione, ed era a credersi che aumentando in dose la lattina, si potesse sempre più produrre maggior porzione dell' acido.

Il latte raccolto al secondo giorno, cimentato colla carta rossa di tornasole, fece volgere il colore all' azzurro rapidamente, abbandonò molto burro, si mantenne alcalino per due dì, al terzo dei quali non solo apparve acido, ma di più si rappigliò.

Ebbi cura appena avuto il latte, di separare 10 grammi che versai in vasello a parte e posi accanto all' altro, affinchè ambedue fossero sempre nelle stesse circostanze di luce, di temperie etc.; ai 10 grammi del latte disgiunto aggiunsi 0,025 di lattina, all' oggetto di conoscere se la presenza di quantità tanto tenue della sostanza zuccherina fosse valevole a sollecitare l' inacidimento ed il rappigliamento. Osservando con attenzione la trasformazione di questa porzione di latte, m' avvidi che in sui primordii del secondo dì la sua reazione cominciava a rendersi acida, ed in sulla fine del giorno medesimo lo ebbi coagulato in denso grumo. Dunque per la semplice addizione di $^1/_4$ della proporzione di lattina solita a riscontrarsi nel latte di vacca, l' acidità e la coagulazione fu accelerata di un giorno intero, ossia di un terzo del tempo totale che fu necessario al latte puro a rapprendersi da se.

Il latte raccolto al terzo giorno in cui la cagna si cibava di carne e pane, collocato nel luogo ove erano i latti del primo e secondo giorno, si coagulò a capo dei due dì, come fece il latte a cui era stata aggiunta la lattina. Alcalino molto al punto in cui uscì dalle mammelle,

scorso un giorno aveva già tramutato ad acidità debole che crebbe gradatamente fino allo spontaneo rappigliarsi.

Finalmente volli del latte raccolto al quarto giorno, per indagare, se contenesse lo zucchero in quantità discernibile col mezzo dei procedimenti analitici, al qual effetto non lo lasciai inacidire e coagulare, ma appena munto lo mescolai con acido solforico allungato, precipitando così la caseina, e separando per filtrazione il siero, che neutralizzai con carbonato baritico, digerendo la mescolanza per qualche tempo a blando calore. Compiutasi la saturazione, feltrai il liquido, e lo esposi di nuovo al fuoco, affine di svaporarlo. Si formarono durante lo scaldamento fiocchi di materia albuminosa, che mi obbligarono a ripetere l' operazione. Dal liquido così ridotto, poscia svaporato, ottenni per residuo una materia bianca, alquanto vischiosa ed attraente l' umidità atmosferica. Sopra tal materia versai alcoole concentrato e freddo alcalinulato con un poco di potassa caustica. Il liquido alcalino si fece torbido e quasi latteo, e lasciò indisciolto un residuo bianco e terreo misto con altro gialliccio e vischioso. Lavato con alcool, asciugato e posto in luogo umido, la parte bianca e terrea non s' alterò, ma la parte vischiosa s' inumidì cadendo in deliquescenza. Poco d' acqua fredda bastò a separare l' una parte dall' altra, essendosi immediatamente sciolta la seconda, e rimasta non disciolta la prima.

La parte bianca e terrea, scaldata imbruniva appena, e svolgeva un debole odore di peli in combustione; bollita con potassa caustica ed idrato d' ossido di rame non produsse riduzione alcuna.

La parte vischiosa e gialliccia, svaporata e scaldata imbruniva spandendo l' odore del caramele in principio, e l' empireumatico in sul fine; bollita con potassa caustica ed ossido di rame, ingenerò la formazione del rosso di rame solito a nascere per l' azione di certi zuccheri.

L' alcool alcalinulato fu preferito al semplice, all' og-

latte di cagna nutrita di sola carne manca dello zucchero o d'un congenere, avrebbe da se a coagularsi difficilmente, od almeno a coagularsi senza previa acidificazione. Ma se si forma acido lattico? Allora farà d'uopo l'instituire nuove indagini, le quali riusciranno forse ad importanti risultamenti.

Teoria Matematica del circuito galvanico
DEL DOTT. OHM

Traduzione dal tedesco, del Dott. Achille Perugia

(*Continuazione dalla pag.* 183 *del Fasc. Marzo-Aprile*).

B) *Fenomeni Elettroscopici.*

15.º Nelle precedenti nostre determinazioni generali abbiamo sempre considerato corpi prismatici, il cui asse, sul quale si son prese le ascisse, formava una linea retta, ma tutte le considerazioni ivi fatte rimangono le stesse quando ci immaginiamo il conduttore incurvato in un modo qualunque, e continuiamo a prendere le ascisse sull'asse ora ricurvo. Dopo quest'osservazione le formule precedenti possono esser applicate a moltissimi casi, poichè i circuiti galvanici possono per la loro natura esser solo di rado in linea retta.

Ciò premesso andiamo a considerare il caso più semplice, quello cioè in cui il conduttore prismatico è formato in tutta la sua lunghezza dalla medesima sostanza, e incurvandosi in se stesso, e immaginiamoci che nel luogo ove le due estremità di esso vengono a toccarsi sia la sede della tensione elettrica. Benchè a questo caso da noi supposto non ne corrisponda nessuno in natura che gli sia simi-

le, pure ci sarà di non poca utilità, per trattare gli altri casi che esistono realmente.

La forza elettroscopica di un punto qualunque di un tal corpo prismatico si deduce dall' equazione differenziale (a) del N.° 4, integrandola e determinando conformemente alle condizioni del quesito le funzioni e le costanti arbitrarie che entrano nell' integrale. Nel caso nostro però la cosa è assai facilitata stantechè uno o sino a due termini spariscono dall' equazione (a). Sono quasi tutte le azioni galvaniche tali che apppena prodotte sono i fenomeni costanti e immutabili.

In tal caso la forza elettroscopica è indipendente dal tempo e l' equazione (a) si muta nella seguente

$$0 = \frac{d^2u}{dx^2} - \frac{b\,c}{\omega}\,u \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (o)$$

di più come abbiamo fatto riflettere al N.° 9 l' aria non ha sulla maggior parte dei casi alcuna influenza sullo stato elettrico del circuito galvanico, quindi è $b = o$, e l'ultima equazione si muta in questa: $\frac{d^2\,u}{d\,x^2} = o$

di cui l' integrale è $u = f\,x + c \;.\;.\;.\; (c)$ f e c essendo costanti arbitrarie da determinare. L' equazione (c) esprime dunque la legge della distribuzione elettrica in un conduttore prismatico omogeneo in tutti que' casi in cui la derivazione per l'aria è di poco momento, ed in cui l'azione più non varia col tempo. Queste circostanze essendo in effetto assai di frequente quelle del circuito galvanico ci tratterremo a lungo su di esse.

Una delle costanti si determina per mezzo della tensione che si produce all' estremità del conduttore, la quale si deve riguardare come invariabile e data in ogni caso.

Immaginiamoci però l' origine delle ascisse in un punto qualunque dell' asse del corpo ed indichiamo con x, l'ascissa corrispondente ad una delle due estremità, la forza elettroscopica di questa estremità sarà conformemente al-

l'equazione (c) $f x_1 + c$. Nello stesso modo otteniamo per la forza elettroscopica dell' altra estremità, indicando con x_1 la ascissa di questa, $f x_2 + c$.

Chiamiamo a la data tensione di queste estremità: ossia la differenza della forza elettroscopica, sarà

$$a = \pm f(x_1 - x_2).$$

Ma $x_1 - x_2$ rappresenta evidentemente tutta la lunghezza positiva o negativa del conduttore prismatico, designiamola con l sarà $a = \pm f l$ equazione che determina f — dandoci $\pm f = \frac{a}{l}$.

Poniamo questo valore della costante f nell' equazione (c) si otterrà $u = \pm \frac{a}{l} x + c$ cosicchè non resta a determinarsi che la costante c. L' ambiguità del segno $\pm$ può ritenersi compresa nella tensione a, alla quale attribuiremo un valore positivo o negativo secondochè l' estremità del conduttore che appartiene alla ascissa maggiore possiede la forza elettroscopica maggiore o minore.

Intesi su ciò, si ha in generale

$$u = \frac{a}{l} x + c \,. \quad (d)$$

La costante c resta del tutto indeterminata lo che ci permette di far variare a piacimento, per le influenze esterne, la distribuzione della elettricità nel conduttore, in un modo uguale per tutt' i suoi punti.

Tra i diversi modi di tener conto di questa costante avvene uno di particolar rilievo pel circuito galvanico, intendo quello che suppone il circuito toccato derivatamente in un luogo qualunque, talchè la forza elettroscopica debba sempre considerarsi nulla in questo punto.

Indichiamo con λ l' ascissa corrispondente a questo punto, sarà conformemente all' equazione (d)

$$0 = \frac{a}{l} \lambda + c$$

d'onde rilevando il valore di c e ponendolo nell'equazione (d) si ha

$$u = \frac{a}{l}(x - \lambda)$$

per mezzo della quale equazione si trova la forza elettroscopica di ciascun punto di un circuito galvanico del quale la lunghezza è l, la tensione è a ad uno dei cui punti è toccato derivatamente, ed ha λ per ascissa. Se in luogo della costante derivazione dal di fuori si unisce al circuito una sorgente costante di elettricità dal di fuori cosicchè la forza elettroscopica appartenente al punto di ascissa λ sia costretta ad assumere permanentemente un' energia data, la quale designeremo con α, si ottiene per determinare c la equazione

$$\alpha = \frac{a}{l}\lambda + c$$

e per determinare in un altro punto qualunque la forza elettroscopica della catena l' altra equazione

$$u = \frac{a}{l}(x - \lambda) + \alpha.$$

Noi abbiamo veduto come si può determinare la costante c quando la forza elettroscopica di un punto qualunque del circuito è indicata da circostanze esteriori, ora si può chiedere qual valore debba darsi alla costante quando il circuito resta abbandonato a se stesso, e quindi quella costante non può esser conosciuta per mezzo di circostanze esteriori?

A questa domanda si può rispondere facendo osservare che in un corpo allo stato naturale o indifferente si sviluppano sempre e nel medesimo tempo e nella stessa quantità ambedue le elettricità. Quindi si può osservare che un circuito semplice il quale si formi in uno stato perfettamente neutrale ed isolato assumerà da una parte e dall'altra del luogo di contatto uno stato elettrico uguale ma opposto, e da ciò segue necessariamente che il di lui mezzo sarà allo stato indifferente. Per la medesima ragione si

scorge che quando il circuito nel momento della sua formazione viene per una qualunque causa a scostarsi da questo suo stato normale, esso si manterrà nello stato anormale, finchè per forze che gli sono estranee esso non subisce di nuovo un qualche cambiamento.

Le proprietà di un circuito galvanico semplice, come fin qui ce lo siamo immaginato, consistono quindi essenzialmente nelle seguenti, come appare immediatamente dall' equazione (d).

I. La forza elettroscopica di un tal circuito varia per tutta la lunghezza del conduttore in modo costante, e per lunghezze uguali e sempre della stessa quantità. Soltanto ove si hanno le sue due estremità la forza suddetta varia subitamente, e da un' estremità all' altra varia di tutta la tensione.

II. Quando per una qualsiasi cagione cangia lo stato elettrico di un punto qualunque del circuito, cambiano pure gli strati elettrici di tutti gli altri punti del circuito nello stesso tempo e della stessa quantità.

16.° Immaginiamoci ora un circuito galvanico composto di due parti P e P', nei cui due luoghi di contatto esiste una tensione elettrica diversa, caso che comprende in sè il circuito termo-elettrico.

Sia u la forza elettroscopica della parte P, ed u' quella della parte P', essendochè qui si ripete due volte il caso discusso nel numero precedente; si avrà per l' equazione (c)

$$u = fx + c \text{ per la parte } P$$

e

$$u' = f'x + c' \text{ per la parte } P'$$

ove f, c, f', c' sono quantità costanti arbitrarie da determinarsi secondo le condizioni del nostro quesito.

Ciascuna equazione non ha valore che quando le ascisse si riferiscono alla parte cui appartiene l' equazione stessa. Poniamo l' origine delle ascisse in uno dei luoghi di contatto della parte P, e la direzione delle ascisse si prenda andando verso questa parte medesima.

Di più sia l la lunghezza della parte P, ed l' quella della parte P' e finalmente rappresentino u_2' ed u_1 i valori di u e di u' al luogo di contatto ove $x=o$, e u, e u_2 e u_1' i valori di u ed u' al luogo di contatto ove $x=l$, si ha così

$$u_2'=f'(l+l')+c' \quad , u_1=c$$
$$u_2=fl+c \quad , u_1'=f'l+c'$$

Domandiamo ora a la tensione che si trova al luogo di contatto ove $x=o$, ed a' quella che si trova al luogo di contatto ove $x=l$, e stabiliamo una volta per sempre per uniformità, che la tensione in ciascun luogo di contatto esprima sempre il valore che si ottiene quando si sottrae la forza elettroscopica di una estremità dalla forza elettroscopica dell' altra estremità appartenenti al luogo di cui si parla, e nella quale si incontra per prima l' ascissa innanzi che succeda il salto.

Non è difficile di vedere che in questa regola generale è compresa quella stabilita nel numero precedente, e che in fondo essa non esprime altro se non che vanno risguardate come positive le tensioni di quei dati luoghi di contatto, partendo da' quali nella direzione stessa delle ascisse, si passa dalle forze elettroscopiche maggiori alle minori; e nel caso opposto come negative, ove tuttavia non è da omettersi che ogni forza positiva è da aversi per maggiore di qualunque negativa, e che le maggiori forze negative debbono in realtà tenersi per le minori. Ciò posto dalle equazioni precedenti si ha

$$a=f'(l+l')+c'-c$$

e

$$a'=fl-f'l+c-c'$$

d' onde

$$a+a'=fl+f'l'$$

Ora per ognuno dei luoghi di contatto, se $\varkappa$ e ω rappresentano la conducibilità e la sezione della parte P, ed $\varkappa'$ e ω' la conducibilità e la sezione della parte P', si trova per le considerazioni del N.° 13 l' equazione di condizione

$$\varkappa\omega\left(\frac{du}{dx}\right)=\varkappa'\omega'\left(\frac{du'}{dx}\right)$$

ove $\left(\frac{du}{dx}\right)$ e $\left(\frac{du'}{dx}\right)$ indichino i valori di $\frac{du}{dx}$ e $\frac{du'}{dx}$ al luogo di contatto.

Dalle equazioni stabilite nel principio di questo numero per determinare la forza elettroscopica di ciascuna parte del circuito si ottiene

$$\frac{du}{dx}=f,\ \frac{du'}{dx}=f'$$

per cui la precedente equazione di condizione diventa

$$\varkappa\omega f=\varkappa'\omega' f'$$

dalla quale equazione e dall' altra $a+u'=fl+f'l'$ si ricava $f=\frac{(a+a')\varkappa'\omega'}{\varkappa'\omega' l+\varkappa\omega l'}$, $f'=\frac{(a+a')\varkappa\omega}{\varkappa'\omega' l+\varkappa\omega l'}$

da cui

$$c'=c-a+\frac{(a+a')(\varkappa'\omega' l-\varkappa\omega l)}{\varkappa'\omega' l+\varkappa\omega l'}.$$

Da questo si rileva l'equazione che determina la forza elettroscopica del circuito nella parte P, e che è

$$u=\frac{(a+a')\varkappa'\omega'}{\varkappa'\omega' l+\varkappa\omega l'}x+c$$

mentre per la parte P' si ha

$$u'=\frac{(a+a')(\varkappa\omega x-\varkappa\omega l+\varkappa'\omega' l)}{\varkappa'\omega' l+\varkappa\omega l'}-a'+c.$$

Pongasi ora

$$\lambda=\frac{l}{\varkappa\omega},\ \lambda'=\frac{l}{\varkappa'\omega'},$$

le suddette due equazioni prendono la forma più semplice

$$\left.\begin{aligned} u&=\frac{a+a'}{\lambda+\lambda'}\cdot\frac{x}{\varkappa\omega}+c\\ u'&=\frac{a+a'}{\lambda+\lambda'}\left(\frac{x-l}{\varkappa'\omega'}+\frac{l}{\varkappa\omega}\right)-a'+c\end{aligned}\right\}(L)$$

Dalla forma di queste equazioni si vede tosto che se la conducibilità o la sezione è uguale in tutte due le parti P e P', l' espressioni di u e di u' non mutano per ciò in altro che nell' esser private della lettera rappresentante la conducibilità o la sezione.

17.° Noi vogliamo considerare anche un circuito galvanico, composto di tre parti P, P' e P'' diverse, il qual caso comprende quello del circuito idroelettrico.

Indichiamo con u u' e u'' rispettivamente le forze elettroscopiche delle tre parti P, P' e P'', avremo pel N.° 15, non avendo qui che a ripetersi tre volte il caso ivi discusso, e per l' equazione (c), le tre equazioni.

$$u = f\,x + c \text{ per la parte } P$$
$$u' = f'\,x + c' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad P'$$
$$u'' = f''\,x + c'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad P''$$

ove f, f', f'', c, c', c'' rappresentano quantità costanti da determinarsi a seconda della natura del quesito, e ciascuna equazione non ha significazione alcuna se le ascisse non si riferiscono alla parte cui esse equazioni appartengono rispettivamente.

Poniamo l' origine delle ascisse a quella estremità della parte P che è unita alla parte P'', e scegliamo la direzione delle ascisse, tale che essa vada dalla parte P alla parte P' e di qui alla parte P'', indichiamo con l, l' ed l'' le lunghezze delle parti P, P' e P'' e finalmente con u_2'', u_1 i valori di u'' e di u al luogo di contatto ove $x = o$, e con u_2 e u_1' i valori di u e di u' al luogo di contatto ove $x = l$, e con u_2' u_1'' i valori di u e u'' al luogo di contatto ove $x = l + l'$, si avrà

$$u_2'' = f''(l + l' + l'') + c'', \quad u_1 = c$$
$$u_2 = f\,l + c \qquad\qquad u_1' = f'\,l + c'$$
$$u_2' = f'(l + l') + c' \qquad\qquad u_1'' = f''(l + l') + c''$$

Chiamiamo ora a la tensione che esiste al luogo di contatto ove $x = o$, a' la tensione al luogo di contatto ove $x = l$, ed a'' la tensione al luogo di contatto ove

$x = l + l'$, otterremo per la regola generale stabilita nel numero antecedente.

$$a = f''(l + l' + l'') + c'' - c$$
$$a' = fl + f'l' + c - c'$$
$$a'' = f'(l + l') - f''(l + l') + c' - c''$$

d' onde $a + a' + a'' = fl + f'l' + f''l''$.

Ora se $\varkappa$ e ω rappresentano la conducibilità e la sezione della parte P, $\varkappa'$ e ω' quello della parte P' e $\varkappa''$ ω'' quella della parte P'' avrà luogo per ciascun luogo di contatto (N.º 13) l' equazione di condizione

$$\varkappa'\omega\left(\frac{du}{dx}\right) = \varkappa'\omega'\left(\frac{du'}{dx}\right) = \varkappa''\omega''\left(\frac{du''}{dx''}\right)$$

ove $\left(\frac{du}{ux}\right)$, $\left(\frac{du'}{dx}\right)$, $\left(\frac{du''}{dx}\right)$ rappresentano i valori particolari di $\frac{du}{dx}$, $\frac{du'}{dx}$, $\frac{du''}{dx}$ che appartengono ai luoghi di contatto.

Dalle equazioni stabilite per determinar la forza elettroscopica in ciascuna parte del circuito si ha

$$\frac{du}{dx} = f, \quad \frac{du'}{dx} = f', \quad \frac{du}{dx''} = f''$$

per le quali le equazioni di condizione diventano

$$\varkappa\,\omega\,f = \varkappa'\,\omega'\,f' = \varkappa''\,\omega''\,f''$$

Da queste e dall' equazioni $a + a' + a'' = fl + f'l' + f''l''$ delle tensioni si ha, indicando $\frac{l}{\varkappa\,\omega}$, $\frac{l'}{\varkappa'\omega'}$, $\frac{l''}{\varkappa''\omega''}$ con λ, λ', e λ'' rispettivamente

$$f = \frac{a + a' + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \cdot \frac{1}{\varkappa\,\omega}$$

$$f' = \frac{a + a' + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \cdot \frac{1}{\varkappa'\omega'}$$

$$f'' = \frac{a + a' + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \cdot \frac{1}{\varkappa''\omega''}$$

e col soccorso di queste equazioni si trova

$$c' = \frac{a + a + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \left(\frac{l}{\varkappa\omega} - \frac{l'}{\varkappa'\omega'} \right) - a' + c$$

$$c'' = \frac{a + a' + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \left(\frac{l}{\varkappa'\omega'} - \frac{l + l'}{\varkappa''\omega''} + \frac{l}{\varkappa\omega} \right) - (a' + a') + c$$

Colla sostituzione di questi valori si ottiene per determinare la forza elettroscopica del circuito nelle parti P, P' e P'' rispettivamente le seguenti equazioni.

$$\left.\begin{aligned} u &= \frac{a + a' + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \cdot \frac{1}{\varkappa\omega} x + c \\ u' &= \frac{a + a' + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \cdot \left(\frac{x - l}{\varkappa'\omega'} + \frac{l}{\varkappa\omega} \right) - a' + c \\ u'' &= \frac{a + a' + a''}{\lambda + \lambda' + \lambda''} \left(\frac{x - l - l'}{\varkappa''\omega''} + \frac{l'}{\varkappa'\omega'} + \frac{l}{\varkappa\omega} \right) - (a' + a'') + c \end{aligned}\right\} (L')$$

e non sarà difficile di convincerci che omettendo la lettera $\varkappa$ o ω, sieno esse esplicite o comprese nelle espressioni λ, λ', λ'', le equazioni (L') saranno le vere quando $\varkappa = \varkappa' = \varkappa''$, o $\omega = \omega' = \omega''$.

18.° Questi pochi casi bastano a far conoscere la legge con cui procedono le formule trovate per la forza elettroscopica, e per darla in un espressione generale. Onde poter farlo colla brevità richiesta ad una più facile intelligenza, noi chiameremo *lunghezza ridotta* di una parte qualunque omogenea del circuito, il quoziente che si ottiene dividendo la lunghezza reale di quella parte pel prodotto della sua conducibilità nella sua sezione, parimenti intenderemo per lunghezza ridotta totale del circuito, o di tal parte di esso composta di altre parti omogenee diverse, la somma delle lunghezze ridotte di tutte le sue parti.

Ciò posto riuniamo nel seguente principio generale, che vale qualunque sia il numero delle parti di cui consta il circuito, tutte le espressioni trovate precedentemente per

la forza elettroscopica, e che sono date dalle equazioni (L) ed (L').

La forza elettroscopica di un punto qualunque di un circuito galvanico composto di un numero a piacere di parti, si troverà dividendo la somma di tutte le sue tensioni per la sua lunghezza ridotta, moltiplicando poi questo quoziente per la lunghezza ridotta della parte del circuito cui corrisponde l' ascissa, e togliendo da questo prodotto la somma di tutte le tensioni oltrepassate dall' ascissa, e finalmente aggiungendo al valore così ottenuto una quantità costante da determinarsi.

Indichiamo con A la somma di tutte le tensioni del circuito, con L la sua lunghezza totale ridotta, con y la lunghezza ridotta della parte che l' ascissa percorre, con O la somma di tutte le tensioni oltrepassate dall' ascissa, finalmente con u la forza elettroscopica di un punto qualunque del circuito sarà

$$u = \frac{A}{L} y - O + c \qquad (e)$$

ove c rappresenta una costante arbitraria.

L' espressione della forza elettroscopica di un circuito qualunque, così trasformato e ridotto alla sua maggior semplicità ci permetterà d' accoppiare in seguito la generalità alla brevità, e a giovare questo scopo domanderemo y col nome *ascissa ridotta*.

Questa forma dell' equazione ci offre il vantaggio particolare, di poter esser adoperata anche quando le conducibilità e le tensioni cambian sempre in una parte qualsiasi del circuito, purchè invece delle somme si prendano in tal caso i corrispondenti integrali e se ne determinino i limiti come la natura della espressione domanda.

O non mutando valore in tutta l' estensione di una medesima parte omogenea del circuito, ed y variando sempre della stessa quantità per tratti uguali di quella estensione, egli è chiaro che esistono le seguenti proprietà, già

dimostrate per il circuito semplice con minor generalità e che esprimono il carattere principale dei circuiti galvanici.

I. La forza elettrica di ciascuna parte omogenea del circuito, varia per tutta la sua lunghezza costantemente, e della stessa quantità per tratti uguali; però nel luogo ove una parte finisce e ne comincia un altra, essa forza cambia subitamente di tutta la tensione che in quel luogo si trova.

II. Se lo stato elettrico di un punto si cambia per una qualsivoglia cagione tutti gli altri punti del circuito cambiano il loro della stessa quantità e nello stesso tempo.

La costante c vien determinata nella regola da ciò che si conosce la forza elettroscopica di un punto qualunque del circuito. Sia u' la forza elettroscopica di un punto del circuito, la cui ascissa ridotta sia y', sarà in conseguenza dell'equazione generale.

$$u = \frac{A}{L} y' - O' + c$$

ove O' rappresenta la somma delle tensioni oltrepassate dall'ascissa y', si sottragga quest'equazione la quale vale per un dato punto del circuito dalla equazione generale, si avrà

$$u - u_{,} = \frac{A}{L} (y - y') - (O - O')$$

ove tutto è determinato.

Se il circuito nel suo formarsi non è assoggettato nè ad alcuna derivazione esterna, nè ad alcuna aggiunta esterna di elettricità, determineremo la costante c valendoci della circostanza che la somma delle elettricità che si trovano nel circuito deve esser nulla. Questa determinazione si fonda sul principio fondamentale che in un corpo allo stato indifferente si sviluppano sempre nello stesso tempo e nella stessa quantità le due elettricità. Onde schiarir con un esempio il modo nel quale si ha in simili

casi a trovare la costante c, riprenderemo il caso già trattato nel N.° 16. Nella parte I.ª di quel circuito, si ha in generale

$$u = \frac{A}{L} y + c$$

ove $y = \frac{x}{\varkappa \omega}$, e si ha sempre nella parte P' di esso circuito $u = \frac{A}{L} y - a' + c$ ove $y = \frac{x - l}{\varkappa' \omega'} + \lambda$.

Ora essendo nella parte P la grandezza dell' elemento ωdx o $\varkappa \omega^2 dy$, nella parte P', $\omega' dx$ ossia $\varkappa' \omega'^2 dy$, si ottiene per la quantità di elettricità contenuta in un elemento della prima parte $\omega^2 \varkappa dy \left(\frac{A}{L} y + c\right)$, e per la quantità di elettricità contenuta in un elemento della seconda parte $\varkappa' \omega'^2 dy \left(\frac{A}{L} y - a + c\right)$.

Integriamo da $y = o$ ad $y = \lambda$ la prima delle suddette espressioni, si avrà per la quantità totale di elettricità contenuta nella parte P, $\varkappa \omega^2 \left(\frac{A}{2L} \lambda^2 + c \lambda\right)$ parimenti integrando la seconda di quelle espressioni da $y = \lambda$ ad $y = \lambda + \lambda'$, si otterrà per la quantità di elettricità contenuta nella parte P'

$$\varkappa' \omega'^2 \left(\frac{A}{2L} (\lambda'^2 + 2 \lambda \lambda') - a' \lambda' + c \lambda'\right).$$

La somma di queste due ultime quantità di elettricità dovrà pel principio fondamentale poc' anzi enunciato esser nulla. Così si ottiene l' equazione richiesta per determinar c, ove resta solo a osservarsi che λ e λ' sono le lunghezze ridotte corrispondenti alle parti P e P'.

Sin qui abbiam sempre supposto tacitamente che le ascisse fossero positive soltanto, però è facile persuadersi che possono farsi entrare nel calcolo anche ascisse nega-

tive. La y rappresenta un ascissa ridotta di un punto qualsiasi del circuito, $L - y$ sarà l'ascissa ridotta positiva di quel punto medesimo, e per la quale l'equazione generale trovata è valevole. Si ha

$$u = \frac{A}{L}(L - y) - O + c \qquad \text{ossia}$$

$$u = \frac{A}{L} y - (O - A) + c,$$ ma evidentenente $+ O - A$ esprime (N.°16) la somma di tutte le tensioni oltrepassate dalle ascisse negative, d'onde è chiaro che l'equazione ritiene la sua primitiva significazione.

19.° Immaginiamoci che una delle parti delle quali il circuito è composto, sia un corpo non conduttore della elettricità, cioè un corpo di cui la capacità di condurre sia nulla, in questo caso si ottiene per la lunghezza ridotta totale del circuito un valore infinitamente grande. Ora stabiliamo di non fare mai entrare le ascisse nella parte non conduttrice, cosicchè l'ascissa ridotta y serbi sempre un valor finito, e l'equazione si muta nella seguente

$$u = - O + c$$

la quale mostra che la forza elettroscopica è dappertutto la medesima nell'estensione totale di ciascun altra parte del circuito, e che solamente da una parte all'altra varia subitamente di tutta la tensione esistente al luogo di contatto.

A determinar la costante c in quest'equazione supporremo che la forza elettroscopica di un punto qualunque del circuito sia data. Chiamiamo u' questa forza, e O' la somma delle tensioni oltrepassate dall'ascissa, sarà

$$u - u' = - (O - O').$$

La differenza delle forze elettroscopiche di due punti qualunque di un circuito aperto, cioè interrotta da un corpo non conduttore è uguale alla somma delle tensioni esistenti tra i due punti, e il segno che va dato a quel-

la somma si riconosce sempre facilmente al solo guardar l' equazione.

20.° Noi vogliamo ancora tener discorso di una proprietà del circuito galvanico, la quale merità un attenzione speciale. Consideriamo solo una parte omogenea del circuito, e supponiamo per semplicità l' origine delle ascisse ad una delle due estremità, e le ascisse dirette verso l'altra estremità. Sia λ la lunghezza ridotta di questa parte, Λ la lunghezza ridotta della parte rimanente del circuito sarà entro la parte λ, $u = \frac{A}{\Lambda + \lambda} y + c$ alla quale può darsi la forma $u = \frac{A\lambda}{(\Lambda + \lambda)} y + c$

la porzione di λ si trova dunque nel caso d'un circuito semplice ed omogeneo alle cui estremità si manifesta la tensione $\frac{A\lambda}{\Lambda + \lambda}$. Se A dunque ha un valore sensibile come accade nella pila del Volta, se il rapporto $\frac{\lambda}{\Lambda + \lambda}$ si accosta all' unità, la tensione $\frac{A\lambda}{\Lambda + \lambda}$ è assai considerevole, e ne segue che si possono benissimo osservare tutti i gradi di quella tensione nell' estensione del tratto λ. Questa conseguenza è importante perchè ci offre un mezzo di render sensibile la legge della distribuzione elettrica nei circuiti composti, anche allora quando a cagione delle forze troppo deboli, non può farsi nel circuito semplice. Si scorge del resto subito che nelle tensioni della stessa specie questi fenomeni si mostreranno con tanta più energia quanto più λ sarà grande in confronto di Λ.

21.° Un fenomeno proprio di tutti i circuiti galvanici si è il cambiamento subitaneo, a cui può assoggettarsi la loro forza elettroscopica quasi a piacere e continuamente.

Questo fenomeno ha la sua origine nelle proprietà esposte del circuito. Poichè in fatti tutti i punti di un circuito, subiscono come s'è mostrato, lo stesso cambiamento cui uno di essi subisce, così è in poter nostro di dare ora un valore ora un altro alla forza elettroscopica di un qualsiasi punto determinato.

Fra tutti questi cambiamenti, i quali però hanno la grandezza della tensione per limiti naturali, i più degni di attenzione sono quelli che si producono quando si tocca derivatamente, cioè quando si annichila la forza elettroscopica, di un qualsivoglia luogo del circuito:

A questi fenomeni si collega immediatamente una classe di altri. Sia r lo spazio sul quale la forza elettrica si è diffusa in un circuito galvanico, u la forza elettroscopica di un luogo di esso in contatto immediato con un corpo esterno M, ed u' sia la forza elettroscopica che esisteva in quello stesso circuito e in quel medesimo luogo di esso prima del contatto col corpo M, evidentemente $u' - u$ sarà il cambiamento di forza elettroscopica avvenuto in quel luogo; dunque perchè questo cambiamento avviene ugualmente in tutti i luoghi, $r\ (u' - u)$ sarà la quantità di elettricità di cui varia tutta quella che era nel circuito e quella pure che è passata nel corpo M. Supponiamo che nell'equilibrio la forza elettroscopica sia ugualmente energica in tutti i punti del corpo M ne' quali si trova, e indichiamo con R lo spazio sul quale la forza si è diffusa nel corpo M; essa sarà visibilmente $\frac{r\ (u' - u)}{R}$

Questa forza però nell'equilibrio sarà uguale alla forza u la quale è quella che possiede il circuito nel punto in contatto col corpo M, quando in questo luogo di contatto non entra nessuna nuova tensione; dunque avremo secondo questa supposizione

$$u = \frac{r\ (u' - u)}{R}$$

d' onde $$u = \frac{r\,u'}{r + R}.$$

Risulta da questa equazione che la forza elettroscopica nel corpo M riuscirà sempre minore di quello che essa era prima del contatto nel luogo toccato, ma anche che queste due forze tanto più s' accosteranno ad esser uguali, quanto più grande è r in confronto di R. Se noi riguardiamo R come una quantità invariabile, il rapporto delle forze elettroscopiche u ed u' dipenderà solo dalla grandezza dello spazio che l' elettricità occupa nel circuito, quindi si potrà far giungere la forza elettroscopica del corpo M al suo massimo coll' aumentar la capacità del circuito, sia con un aumentarne le dimensioni sia coll' aggiungervi delle masse estranee. Queste azioni non dipendono dalla natura delle masse suddette, purchè sieno soltanto conduttrici dell' elettricità e non producano nuove tensioni, ma sibbene tutto dipende dal volume di esse. Supponendo queste masse di volume infinito, e questo è il caso quando il circuito subisce una derivazione perfetta, la forza elettroscopica del corpo M sarà sempre uguale a quella che ha il punto del circuito da esso toccato.

Onde legare queste azioni a quelle del condensatore, non si deve far altro che osservare che un condensatore la cui grandezza è R, ed il cui numero di cariche da m, è da uguagliarsi ad un conduttore usuale la cui grandezza sia $m\,R$, però colla differenza che la sua forza elettroscopica sarà m volte quella del conduttore. Si domandi dunque u la forza elettroscopica del condensatore che viene unito al circuito in un luogo la cui forza elettroscopica è u', si avrà

$$u = \frac{m\,r\,u'}{r + m\,R}$$

d' onde segue che il condensatore indicherà molte forze del luogo toccato, se r è assai grande in confronto di

mR, però che la sua azione indebolirà la forza se r è ugale o più piccolo di R.

Delle masse unite al circuito in un luogo qualuuque, daranno dunque proporzionalmente delle indicazioni tanto più forti nel condensatore, quanto più esse saranno grandi, ed un circuito toccato in un punto qualunque opererà sempre nel condensatore il massimo dell' aumento.

Le precedenti considerazioni suppongono che un piatto del condensatore sia sempre toccato derivatamente, ora tratteremo il caso in cui i due piatti di un condensatore isolato sieno uniti con diversi luoghi del circuito. In primo luogo è chiaro che i due piatti del condensatore assumeranno la stessa differenza di elettricità libera, che assolutamente richiedono per la natura propria delle azioni galvaniche i diversi punti del circuito che sono a contatto dei piatti. Rappresenti dunque d la differenza delle forze elettroscopiche dei due punti del circuito ed u l' elettricità libera di un piatto del condensatore, $u+d$ sarà l' elettricità libera dell' altro piatto ed ora tutto stà nel trovare le elettricità che realmente esistono nei due piatti del condensatore conoscendo quelle che sono libere. Per tale oggetto chiamiamo A l' energia reale dell' elettricità nel piatto la cui elettricità libera è $u+d$; sarà $A-u-d$ l' eletricità latente di questo piatto, e $B-u$ esprimerà la porzione di elettricità latente nel piatto la cui elettricità libera è u, e del quale l' energia dell' elettricità è realmente B. Rappresentati ora u il rapporto in cui stà l'elettricità latente dell' un piatto del condensatore alla elettricità effettiva dell' altro piatto, avranno luogo le due equazioni seguenti

$$A-u-d+nB=o$$
$$B-u+nA=o$$

dalle quali si ha A e B

$$A=\frac{d+u(1-n)}{1-n^2}$$

$$A = \frac{u(1-n) - nd}{1-n^2}.$$

Ma si sà dalla teoria del condensatore che

$1 - n^2 = \frac{1}{m}$, m essendo la misura del numero delle cariche della forza condensatrice del condensatore; pongasi quindi nei valori di A e B, $\frac{1}{m}$ in luogo $1 - n^2$ e $1 - \frac{1}{2m}$ in luogo di n il che è permesso quando m, come è quasi sempre, è un numero grandissimo

si avrà $\quad A = md + \frac{1}{2}u$

$$B = -md + \frac{1}{2}u + \frac{1}{2}d.$$

Se dunque m è un grandissimo numero, ed u non è assai più grande di d, si avrà forse senza grave errore.

$$A = md$$
$$B = -md$$

dalle quali equazioni si rileva la nota legge che quando due punti diversi di una pila del Volta sono uniti ai due piatti del condensatore isolato, il condensatore prende in ciaschedun piatto la carica stessa che prenderebbe se l'altro piatto ed i punti corrispondenti della pila fossero toccati derivatamente.

Le nostre considerazioni insegnano nello stesso tempo che questa legge cessa di esser vera quando non si può più far sparire u in confronto di md.

Questo caso avrebbe luogo p. e. quando due punti di una pila composta di molti elementi, vicini al polo isolato superiore, venissero a contatto coi piatti del condensatore, mentre il polo inferiore di questa pila fosse in contatto di derivazione col suolo.

Quanto fin qui si è detto sul modo onde il circuito galvanico cede a corpi estranei la sua elettricità, non sembra lasciare altro a desiderare per lo schiarimento del soggetto; però si può di quà trovar occasione di ricerche di tutt' altra fatta, e di non poco interesse. Non è più in dubbio mercè le considerazioni teoretiche e le sperienze istituite sulla corrente elettrica, che l' elettricità dinamica penetra nell' interno dei corpi, e che quindi la di lei quantità dipende dal volume di essi, come pure è dall' altro canto noto che l' elettricità statica si raccoglie alla superficie dei corpi, e che quindi la di lei quantità dipende dalla grandezza della loro superficie. Da ciò seguirebbe che nel circuito chiuso r dovrebbe esprimere nelle precedenti formule il suo volume, nel circuito aperto all' opposto la grandezza della sua superficie, e su questo proposito mi sembra che l' esperienza potrebbe decidere senza grande difficoltà.

22.° Fin qui abbiamo parlato di un circuito sul quale l' aria circostante non esercita punto influenza, e che ha già raggiunto lo stato costante, ed abbiam trattato questo soggetto con tutti i dettagli che esso merita, essendochè in esso sono compresi e la maggior quantità di fenomeni, ed i più importanti.

Tuttavia per non trascurar affatto gli altri circuiti galvanici noi brevemente accenneremo il processo che va seguito nel trattar di essi, assumendo ogni volta il caso più semplice, e mostrando così benchè alla lontana in modo determinato la via che va tenuta.

Quando si voglia aver riguardo all' influenza dell' aria sul circuito galvanico si deve aggiungere al termine $\frac{\varkappa d^2 u}{d x^2}$ dell' equazione (a) N.° II. il termine $\frac{b c}{\omega} u$ allora si ottiene pel circuito allo stato costante per la quale $\frac{d u}{u t} = o$, l' equazione $\varkappa \frac{d^2 u}{d x^2} - \frac{b c}{\omega} u = o$, ossia ponendo

$\frac{b\,c}{\varkappa\,\omega} = \beta^2$, $\frac{d^2 u}{d x^2} - \beta^2 u = o$ di cui l' integrale è

$$u = c.\, e^{\beta x} + d.\, e^{-\beta x}$$

e essendo la base dei logaritmi naturali, e c e d delle costanti arbitrarie da determinarsi a seconda delle circostanze del quesito.

Si domandi ora $2\,l$ la lunghezza di tutto il circuito e si ponga l' origine delle ascisse in un punto del circuito ugualmente distante dall' una parte e dall' altra dal luogo di eccitazione. Si indichi di più con a la tensione che si trova al luogo di contatto si ha

$$a = (c - d)\,(e^{\beta l} - e^{\beta l})\,.\,.\quad (1).$$

Scrivasi ora l' equazione trovata prima di quest' ultima, così

$$u = (c - d)\,e^{\beta x} + d\,(e^{\beta x} + c^{-\beta x})\,.\,.\,(2)$$

dalla equazione (1) viene

$$u = \frac{a.\, e^{\beta x}}{e^{\beta l} - e^{-\beta l}} + d\,(e^{\beta x} + e^{-\beta x})$$

Ora per determinare le rimanenti costanti, supponiamo la somma delle due forze elettroscopiche esistenti al luogo di eccitazione nota ed uguale a b, la qual circostanza sussiste ogniqualvolta la forza elettroscopica del circuito è data per uno qualunque dei suoi punti; si avrà.

$$b = \frac{a\,(e^{\beta l} + e^{-\beta l})}{e^{\beta l} - e^{-\beta l}} + 2\,d\,(e^{\beta l} + e^{-\beta l})$$

e sostituendo e riducendo

$$u = \frac{1}{2}.\,\frac{a\,(e^{\beta x} - e^{-\beta x})}{e^{\beta l} - e^{-\beta l}} + \frac{1}{2}.\,\frac{b\,(e^{\beta x} + e^{-\beta x})}{e^{\beta l} + e^{\beta l}}$$

la quale equazione per $b = o$, cioè per un circuito galvanico abbandonato a se stesso si muta in

$$u = \frac{1}{2}\,\frac{a\,(e^{\beta x} - e^{-\beta x})}{e^{\beta l} - e^{\beta l}}.$$

NOTIZIE SCIENTIFICHE

CHIMICA

Composizione dell' urina degli erbivori (Boussingault)

L' analisi delle seguenti urine è stata fatta immediatamente dopo l' emissione.

Urina di porco		*Urina di vacca*	
Urea	4,90	Urea	18,48
Bicarbon. di potassa	10,74	Ippurato di potassa.	16,51
Carbon. di magnesia	0,87	Lattato di potassa .	17,16
Carbonato di calce	tracce	Bicarbonato di potas.	16,12
Solfato di potassa.	1,98	Carbonato di magnesia	4,74
Fosfato di potassa	1,02	Carbonato di calce .	0,55
Cloruro di sodio .	1,28	Solfato di potassa. .	3,60
Lattato alcalino	q. indet.	Cloruro di sodio. .	1,52
Acido ippurico. .	0,00	Silice.	tracce
Silice.	0,07	Acido fosforico . .	0,00
Acqua e materie organiche indetermin.	979,14	Acqua e materia indeterminata . . .	921,32
	1000,00		1000,00

Urina di cavallo nutrito con trifoglio verde ed avena.

Questa urina è fortemente alcalina, e lascia depositare, nell' istante stesso in cui viene emessa, un sedimento calcare abbondantissimo. Come gli ultimi getti sono torbi, e

probabili che parte del deposito cominci diggià a formarsi nella vescica dell'animale.

Urea	31,00
Ippurato di potassa. . .	4,74
Lattato di soda	11,28
Bicarbonato di potassa .	8,81
Carbonato di calce . . .	15,50
Carbonato di magnesia .	10,82
Solfato di potassa . . .	4,16
Cloruro di sodio . . .	1,18
Silice	0,74
Fosfati	1,01
Acqua e mat. indetermin.	910,76
	1000,00

Urina di vacca alimentata con trifoglio verde.

Era molta alcalina e conteneva come le precedenti dell'acido carbonico libero, cioè i carbonati vi erano allo stato di bicarbonati.

Ossido di mercurio ammoniacale. — (Millon). Il protossido di mercurio bagnato con ammoniaca, diviene di color giallo carico. Disseccando sull'acido solforico il nuovo composto, imbrunisce. Secondo Millon il prodotto giallo contiene $4HgO+AzH^3+2HO$. Alla temperatura ordinaria sull'acido solforico perde i due equivalenti d'acqua, alla temperatura di 100° a 130° se ne sviluppa un'altro con qualche traccia di ammoniaca.

Questo composto sarebbe secondo Millon una base energica, capace di scacciare l'ammoniaca dalle sue combinazioni come farebbero la calce e la barite. La potassa e la soda separano tale composto dalle sue combinazioni. Questa base farebbe parte secondo l'A. d'un grandissimo numero di sali ammonico-mercuriali.

Produzione dell' iodoforme — (Millon). Indipendentemente dall' alcoole, molte altre sostanze organiche danno l' iodoforme, secondo l' A. senza peraltro che sia vantaggioso sostituirle all' alcoole. Lo zucchero di canna, quello d' uva, la gomma, la destrina e parecchie sostanze albuminoidi si trovano in questo caso.

Per riuscirvi s' impiegano quantità equivalenti d' iodo e di bicarbonato di potassa, ed una piccolissima quantità di materia organica. Si aggiunge in ultimo l' iodo a piccole porzioni per volta, si riscalda, e l' iodoforme comparisce immediatamente.

Preparazione dell' acido butirico. — (Schubert). La preparazione di questo acido col metodo di Pelouze e Gelis richiede parecchie settimane. Per operare più rapidamente l' A. propone d' impiegare carne, invece di formaggio. Mescolata coll' amido o colle patate cotte e stemperate nell' acqua, ne accelera moltissimo la decomposizione: dopo 5 o 6 giorni ogni sviluppo gassoso è cessato, e tutta la fecola trovasi convertita in acido butirico.

Azione del solfuro d' ammonio sull' azobenzide — (Zinin) — L' azobenzide è solubile nell' alcoole saturo di gas ammoniaco. Il liquido saturato con idrogeno solforato si colora, divien giallo, poi bruno, e deposita gran quantità di solfo col riscaldamento chiarificandosi di nuovo. La soluzione bollente, separata dal solfo, deposita de' cristalli in fogliette risplendenti che si depurano disciogliendoli nell' alcoole bollente ed aggiungendo alla soluzione dell' acido solforico finchè non si formi più deposito. Il precipitato prima lavato con alcoole e poi disciolto nell' ammoniaca bollente produce de' cristalli bianchi e risplendenti che costituiscono un nuovo alcaloide, al quale l' A. ha dato il nome di *benzidina*.

Questo corpo è pochissimo solubile nell' acqua fredda, ma l' acqua bollente ne discioglie in abbondanza. L' alcoole e l' etere lo disciolgono meglio dell' acqua. Non ha odore; le soluzioni hanno un sapore acre, alcalino e pungente.

Si fonde a 180° e bolle ad una temperatura maggiore decomponendosi parzialmente. Forma cogli acidi de' sali ben definiti, i quali vengono decomposti dall' ammoniaca e dagli alcali fissi. La sua formula è $C^{24}H^{12}Az^2$.

Il solfato $= C^{24}H^{12}Az^2, H^2O^2 + S^2O^6$ è quasi insolubile nell' acqua bollente e nell' alcoole, perciò l' acido solforico precipita le soluzioni di benzidina, purchè non molto diluite, allo stato di polvere bianca. Se la soluzione è molto debole, il precipitato possiede uno splendore argentino e si compone di scaglie microscopiche.

Il *fosfato* è quasi tanto insolubile quanto il solfato.

L' idroclorato $= C^{24}H^{12}Az^2 + 2HCH$. — È solubilissimo nell' acqua, più solubile nell' alcoole e quasi insolubile nell' etere. Cristallizza in fogliette romboidali, sottili, lucide ed inalterabili all' aria.

Il Cloroplatinato $= C^{24}H^{12}Az^2 + 2(HCh + PtCh^2)$. È giallo e cristallino, poco solubile nell' acqua, quasi insolubile nell' alcoole e nell' etere. L' acqua bollente lo decompone.

Il nitrato cristallizza in fogliette rettangolari, solubili nell' acqua.

L' ossalato è un sale bianco cristallizzato in aghetti setosi e raggiati, poco solubile nell' alcoole e nell' acqua. Ha per formula $C^{24}H^{12}Az^2, H^2O^2 + C^4O^6$.

L' A. dà ancora qualche cenno intorno al tartrato, all' acetato ed al benzoato della nuova base.

Il cloro decompone tanto la benzidina, quanto i suoi sali. La soluzione talvolta diventa per qualche istante di color d' indaco, poi di color bruno carico; nel tempo stesso si precipita in gran quantità una polvere cristallina di color di cinabro. Questa polvere è quasi insolubile nell' acqua, ma si discioglie bene nell' alcoole.

Azione del solfuro d' ammonio sul nitrobenzoato d' ammoniaca — (Zinin). Se si fa bollire una soluzione alcoolica di acido nitrobenzoico saturo di ammoniaca e d' idrogeno solforato, divien verde, s' intorbida, abbandona una gran

quantità di solfo e ritorna limpida. Per ottenere una decomposizione completa, bisogna separare lo zolfo, saturare nuovamente il liquido con ammoniaca e idrogeno solforato e distillar nuovamente, operazione che va ripetuta due o tre volte finchè non si precipita più zolfo. Finalmente si concentra il liquido fino a consistenza sciropposa, vi si aggiunge un eccesso di acido acetico, e si raccoglie sopra un filtro il precipitato cristallino che si forma. Si prosciuga fra carta sugante, si discioglie nell'acqua bollente e si tratta con carbone animale. Il nuovo prodotto cristallizza in piccole masse mammellonari ed opache composte di piccoli aghetti aggruppati in forma di raggi. L'A. gli ha dato il nome di acido benzamico. L'acido benzamico si discioglie nell'alcoole e nell'etere, non che nell'acqua bollente. L'acqua a freddo ne scioglie meno. Non ha odore; il suo sapore è dolce e leggermente acido. La sua soluzione si altera a poco a poco in contatto dell'aria producendo una resina di color bruno.

Col riscaldamento si fonde, poi si decompone sviluppando vapori acri.

La sua soluzione è facilmente decomposta dal cloro che produce una sostanza resinosa solubile in violetto nell'alcoole. L'acido nitrico ordinario vi ha poca azione, anche a caldo; ma l'acido fumante lo decompone. L'acido solforico concentrato lo discioglie all'ordinaria temperatura senza colorarsi; col riscaldamento la soluzione divien gialla, aggiungendovi acqua si scolora, e una volta neutralizzata, produce un precipitato verde coi sali di rame.

L'acido benzamico ha forti reazioni acide, neutralizza le basi e decompone i carbonati. I sali a base degli alcali e delle terre alcaline sono tutti solubili nell'acqua ed incristallizzabili. Coll'ossido di piombo pare dar luogo a tre sali diversi, di cui due sono cristallizzati. Col rame produce un precipitato verde ed insolubile.

Con una soluzione di benzamato d'ammoniaca i sali d'argento danno un precipitato bianco, caseoso, il quale finisce per trasformarsi in una polvere cristallina.

L'acido benzamico ha per formula $C^{14}H^{7}AzO^{4}$

Il benzamato d'argento $AgO + C^{14}H^{6}AzO^{3}$

Questo acido è per conseguenza isomero coll'acido antranilico, e colla salicilamide. Non produce anilina colla distillazione.

Materie ceree delle piante — (Mulder). Le sostanze che colorano le foglie in giallo ed in rosso vanno unite ad una materia cerea particolare. Questa estratta dalle sorbe per mezzo dell'etere e purificata per quanto è stato possibile dalla materia colorante, somiglia intieramente a quella che si ottiene durante l'estrazione della florizzina. Anzi questi due prodotti sono identici, secondo Mulder, ed hanno per formula $C^{40}H^{32}O^{10}$.

È insolubile nell'acqua e meno solubile nell'alcoole che nell'etere. Si fonde a 83°. Gli alcali lo saponificano parzialmente: ciò prova che è un miscuglio di più sostanze.

La materia cerea dell'erba venne estratta per mezzo dell'etere, lavata con alcoole freddo e ridisciolta più volte nell'alcoole bollente finchè divenne del tutto scolorita.

Le foglie della vite hanno dato esattamente lo stesso prodotto. La sua composizione elementare ed i suoi caratteri fanno vedere che è identico colla cera delle api.

Cenere del lievito di birra — (Mitscherlich) Le analisi fatte su due saggi diversi prosciugati a 120° hanno dato i seguenti risultati:

Acido fosforico	. . . . .	41,8	—— 39,5
Potassa	. . . . .	39,5	—— 28,3
Fosfato di magnesia	($2MgO+PO^{5}$) .	16,8	—— 22,6
Fosfato di calce	($2CaO+PO^{5}$) .	2,3	—— 9,7

100 parti di lievito hanno lasciato dopo la combustione 7,5—7,6 di cenere.

La birra che aveva prodotto il detto fermento, evaporata e calcinata, lasciò 0,307 di cenere per % composta di

Acido fosforico	20,0
Potassa	40,8
Soda	0,5
Fosfato di magnesia . .	20,0
Fosfato di calce	2,6
Silice	16,6

Sull' idrato di essenza di trementina — (WIGGERS). Per ottenerlo in gran quantità l' A. consiglia d' impiegare le seguenti proporzioni:

8 — Essenza
2 — Ac. nitrico di 1,25 a 1,3 di densità
1 — Alcoole a 80 per $^0/_0$

Si abbandona il miscuglio in un luogo la cui temperatura sia di 20° a 25° dopo di averlo fortemente agitato, e si ripete ogni giorno la stessa operazione. La più gran parte del prodotto si forma ne' primi 15 giorni; ma può continuare per sei mesi. Non si arriva mai a trasformare tutta l' essenza in idrato. Ne' casi più favorevoli un Chilogrammo ne dà 65 grammi. Del resto tale quantità è sempre in rapporto con quella dell' idroclorato solido che la stessa essenza può dare, ed un' essenza che assorbendo l' ac. idroclorico non si solidifica, non produce traccia d' idrato col metodo descritto.

Il prodotto è sovente bruno; per depurarlo si discioglie nell' acqua bollente, si tratta col carbone animale, e si fa cristallizzar di nuovo.

La sua formula è $C^{20}H^{22}O^6$, cioè $C^{20}H^{16}+6HO$.
Col riscaldamento si converte in $C^{20}H^{20}O^4$
Gl' idrati precedenti assorbono con grandissima avidità l' acido idroclorico: la temperatura s' innalza e la sostanza organica si fonde. Si formano due strati: l' uno inferiore

è una soluzione satura di acido idroclorico, mentre il superiore ha per formula $C^{20}H^{17}Ch$.

Si conoscono adunque tre idrati di essenza di trementina e un idroclorato corrispondente.

$$C^{20}H^{16}+HO \qquad C^{20}H^{16}+6HO$$
$$C^{20}H^{16}+4HO \qquad C^{20}H^{16}+HCh$$

Acido Bezoardico — MERKLEIN e WÖHLER.

Le concrezioni animali conosciute col nome di *bezoardi*, ed impiegati altravolta come rimedj, si distinguono in tre specie dal lato della composizione. La prima comprende quelli formati di fosfato di calce, e di fosfato d'ammoniaca e di magnesia; la seconda i bezoardi di acido litofellico, la terza quelli che sono composti di un acido particolare, al quale i Sigg. M. e W. hanno dato il nome di acido bezoardico. Questi ultimi sono i così detti bezoardi orientali. Per l'ordinario sono di color verde oliva carico, talvolta brunastri, talaltra marmati. La loro figura è ovoidale o reniforme; la superficie levigata. Sono fragili, di tessitura concoidale, e contengono nel loro interno un nucleo intorno al quale si osservano varii strati concentrici. Il loro odore grato e debole rammenta quello del muschio o dell'ambra grigia, e diviene soprattutto sensibile quando si rompe uno di questi bezoardi, ovvero quando si discioglie nella potassa caustica. Talvolta sono della grossezza di una fava, talaltra hanno il volume di un uovo piccolo di pollo.

Si distinguono dai bezoardi di acido litofellico perchè non si fondono col riscaldamento, ma si carbonizzano ricoprendosi di cristallini gialli alla superficie.

Per estrarne l'acido bezoardico si polverizzano, dopo di averne separato il nucleo, e si disciolgono a freddo in una soluzione di potassa caustica mediocremente concentrata, evitando quanto più è possibile il contatto dell'a-

ria, giacchè il bezoardato di potassa ne assorbe avidamente l' ossigeno alterandosi. Ciò fatto, si lascia la soluzione in riposo per qualche tempo, si decanta il liquido chiaro, e si decompone facendovi passare a traverso dell' acido carbonico: il precipitato che si forma, raccolto sopra un filtro e lavato, costituisce il bezoardato di potassa, che si depura facendolo cristallizzare di nuovo nell' acqua bollente. Decomponendo per mezzo dell' acido idroclorico una soluzione bollente di questo sale, l' acido bezoardico si deposita in polvere cristallina.

Allo stato puro l' acido bezoardico è una polvere cristallina, leggiera, di color giallo chiaro ed insipida. Ad un' alta temperatura si carbonizza senza fondersi, e la sostanza carbonizzata resta tutta cosparsa di cristallini gialli. È quasi del tutto insolubile nell' acqua e nell' etere. L' alcoole lo discioglie in piccole quantità colorandosi in giallo: la soluzione ha reazioni acide deboli e viene precipitata dall' acqua.

Secondo le analisi de' Sigg. M. e W. la composizione dell' acido bezoardico è rappresentata dalla formula bruta $C^{14}H^{5}O^{10}$ la quale si può esprimere colla formula razionale $HO,C^{14}H^{2}O^{7}+2Aq$.

L' acqua di cristallizzazione comincia a svilupparsi a 100^{0}. L' acido bezoardico possiede per conseguenza la composizione dell' acido ellagico scoperto nelle galle di quercia da Chevreul e da Braconnat, ed analizzato da Pelouze.

Il sale di potassa è una sostanza leggiera che si presenta in prismetti trasparenti quando si guarda col microscopio. Il suo colore è grigio o verdastro chiaro; l' acqua lo discioglie in piccola quantità. Ha per formula $KO+C^{14}H^{2}O^{7}$.

Il bezoardato di soda somiglia a quello di potassa e si prepara allo stesso modo.

Il sale d' ammoniaca è insolubile.

Quando si lascia esposta all' aria una soluzione di acido bezoardico nella potassa caustica, il liquido attrae l' os-

sigeno e si colora gradatamente in rosso sanguigno carico; questo colore a poco a poco svanisce e nel tempo stesso la superficie del liquido si ricopre di cristallini nerastri i quali si raccolgono in fondo. Questi cristallini costituiscono una combinazione salina di potassa con un nuovo acido, al quale gli A. hanno dato il nome di *acido glaucomelanico*.

Il glaucomelanato di potassa ha per formula $KO,C^{12}H^{2}O^{6}$, è poco solubile nell' acqua fredda, più solubile nell'acqua bollente, e col raffreddamento del liquido cristallizza, ma convertito in bezoardato di potassa. Questa circostanza lascia qualche dubbio sull' esattezza della formula ammessa dagli Autori. Non s' intende difatto come una sostanza organica che contiene C^{12} possa convertirsi per l' azione dell' acqua bollente in un' altra che contiene C^{16}.

Colla alterata coll' ebollizione.

Il composto $4\ (C^{13}H^{10}Az^{2}O^{5}) + ChO^{3}$ che si ottiene facendo passare del cloro in una soluzione di gelatina comune, è trasformato dall' ammoniaca in $4\ (C^{13}H^{10}Az^{2}O^{5}) + Aq.$ identico con la colla che per un' ebollizione prolungata, ha perduto la proprietà di congelarsi (Mulder).

L' ittiocolla tenuta in ebollizione per 55 ore ha dato col cloro un composto $=5\ (C^{13}H^{10}Az^{2}O^{5}) + 2ChO^{3}$ (Mulder, Goudoever).

Trattata allo stesso modo dopo un' ebollizione di 100 ore ha dato esattamente gli stessi risultati. (Mulder, Goudoever).

Composti d' ittiocolla ed acido cloroso

$ChO^{3} + 1$ Ict.
$2ChO^{3} + 3$ Ict.
$ChO^{3} + 4$ Ict.
$2ChO^{3} + 5$ Ict.

Ittiocolla

Il prodotto sul quale il Sig. Goudoever ha fatto le sue sperienze fu ottenuto precipitando coll'alcoole una soluzione d'ittiocolla commerciale. Questa sostanza non conteneva una quantità ponderabile di cenere.

L'A. ha cominciato per assicurarsi che prosciugando l'ittiocolla a 100° in una corrente d'aria secca si otteneva ben presto un residuo che non perdeva più acqua alla stessa temperatura, ma diminuiva sensibilmente quando veniva riscaldato a 120°. Da ciò conchiude che le analisi anteriori di Scheerer, sulle quali Liebig aveva calcolato la formula $C^{48} H^{41} Az^{15}/_2 O^{18}$, e che erano state fatte sulla sostanza disseccata a 100° hanno dovuto dare troppo idrogeno.

L'A. ha rifatto l'analisi elementare dell'ittiocolla dopo che non diminuiva più di peso a 120°, ed ha ottenuto de' risultati che confermano pienamente la formula adottata da Mulder $= C^{13} H^{10} Az^2 O^5$. Col cloro forma un composto d'ittiocolla ed acido cloroso $= C^{13} H^{10} Az^2 O^5 + ChO^3$ già conosciuto, ed un altro scoperto dall'Autore $= 4 (C^{13} H^{10} Az^2 O^5) + ChO^3$. Quest'ultimo è molto più stabile del primo, il quale si decompone col disseccamento.

L'A., ha esaminato ancora l'Ittiocolla bollita per lungo tempo finchè aveva perduto intieramente la proprietà di rappigliarsi in gelatina. I numeri ottenuti conducono alla formula $4 (C^{13}H^{10}Az^2O^5) + Aq$. Questo composto corrisponderebbe al clorito. L'Ittiocolla era restata in ebollizione per 55 ore. Dopo 100 ore Mulder l'ha trovata composta allo stesso modo.

Meteorologia

Sopra una caduta di aereoliti avvenuta nella Marca di Macerata. — Lettera del conte Alessandro Spada Lavinij al chiarissimo Sig. Lodovico Pasini.

Nella mattina dell' 8. del corrente maggio il cielo era nuvoloso, e con un mite vento di scirocco (S. E.) la pioggia cadeva ad intervalli, or leggermente, ora a rovesci accompagnata da infrequenti, e non forti tuoni, segnando il termometro 14° di R.

Alle ore 9 1/4 circa antimeridiane il villico *Pacifico Maccari* colto uno di que' momenti in cui la pioggia meno imperversava, era intento alle faccende campestri, poichè egli coltiva un campicello a mezzaria presso le sponde del fiume Potenza, e circa 8. miglia da Macerata al N. E. del piccolo paese di Monte Milone, quando all' improvviso fu scosso dal fragore di una gagliardissima detonazione, che egli paragonò allo scoppio d' un grosso cannone, ed altre minori rapidamente seguivano, al suo dire, somiglievoli a concitato strepito di tamburo. Volgendo gli occhi in alto scorse un masso che scendendo con impetuosa velocità, e fortemente sibilando descriveva una diagonale da tramontana a mezzogiorno con angolo di circa 45 gradi sull' orizzonte, e giunto a terra vi si affondò facendone per la forza dell' urto schizzare gran quantità a più di venti passi. Preso ad esaminare più da vicino il luogo della caduta s' avvedeva che il bolide si era profondato nel terreno donde per curiosità l' estrasse, e ne distaccava un frammento che seco portò a casa. Indi a non molto li due contadini che coltivano li limitrofi campi appartenenti alla Signora *Nuzi*, e *Gandolfi* di M. Milone, e che come il *Maccari* avevano veduto cadere di questi massi, riuscivano a rinvenirne altri due.

Il *Maccari* ebbe il buon intendimento di lasciar aperto il foro pel quale l' aereolite si era addentrato nel terre-

no; io lo rinvenni presso che intatto meno da un lato che erasi alquanto allargato nell'estrarnelo; la parte rimasta intiera mi offerse una parete circolare regolarissima, e liscissima siccome quella che la trivella artesiana suol operare in un terreno argilloso; il diametro ne era all'incirca di cent. 9 $^1/_2$ e la profondità di quasi due terzi di metro. Volli col bastone tentarne il fondo che per la forte pressione era diventato durissimo; l'aereolite che ne fu ritratto era del peso di una libbra circa, gli altri due caduti ne' poderi *Nuzj*, e *Gandolfi* pesarono l'uno once 11. l'altro tre libbre meno un'oncia. Il primo fu recato a S. E. R. Monsignor *Milesi Pironi* Delegato Apostolico degnissimo di questa provincia, che con cortesia senza pari ne fece dono al fratel mio amatissimo Monsignor *Medici Spada*, nella cui collezione mineralogica si conserva. Il secondo fu spezzato, ed i frantumi ne andarono dispersi in varie mani. Il terzo è posseduto dal Sig. *Caccialupi* di S. Severino, ed è quasi intiero, meno poche schegge, una delle quali mi riuscì sulle prime di ottenere.

Si seguitano le indagini per intracciarne altri, e porto speranza che non rimarranno senza effetto, poichè molti testimonj fan fede che al momento della caduta ne videro più di tre; e fra gli altri due coloni padre e figlio mi raccontavano d'averne veduto una quantità, che a prima vista tolsero per un branco di colombi perseguitati dal falco. Ed in fatti mentre sto scrivendo me ne viene recato uno del peso di una libbra meno l'ottava parte di un'oncia, che un contadino raccolse appena caduto per entro una siepe nel predio detto de' Maglianesi di proprietà del mio carissimo cognato ed amico marchese *Giovanni Accorretti* di Macerata; credo che altro più grande, dicono del peso di sei libbre, sia stato trovato da un colono de' Padri Francescani di Treja. Vuolsi però notare che tutti sono stati rinvenuti nello spazio di circa mezzo miglio, ne' terreni adiacenti alle due sponde del fiume

Potenza, nel cui letto è opinione comune che altri, e forse la maggior parte precipitassero; però le acque che oltre il consueto in questi giorni vi abbondano rendendo intanto impraticabile ogni ricerca, chiudono ogni via a potersene chiarire; e temo che le ghiaie ed il limo, che li nostri torrenti non restano mai di deporre nelle loro piene, siano per far tornare quivi inutile ogni futura indagine. Tutti poi concordano in questo, che fra lo scoppio e la caduta intercorresse il tempo che ci vuole a recitare le Laudi, espressione di cui la gente del nostro contado si vale a significare le Litanie della Santa Vergine, cioè almeno tre minuti, lo che sebbene mi abbia faccia di modo alquanto amplificativo, pure è misura dell' immensa altezza in cui ebbe effetto la detonazione. Il primo aereolita ora posseduto da Monsignor de *Medici Spada* ha la forma di un paralellepipede molto vicino al cubo ad angoli ritondati; il secondo fu ridotto in pezzi prima che a qualche intelligente fosse dato osservarlo; quello testè a me pervenuto ha ad un dipresso la stessa forma, ed altrettanto mi vien riferito degli altri, che ancora non ho avuto opportunità di vedere.

Tutti presentano al difuori quella peculiare corteccia nereggiante che sembra averli impegolati, visibile effetto della fusione di taluno degli ingredienti che la massa ne costituiscono; la testura interna ne è sottilmente granulare e sub-cristallina, il colore bigio cinereo e quasi biancastro con punti e rare ed interrotte venule metalliche; avvicinato all' ago magnetico fortemente l' attrae; avendone ridotto in polvere un piccolo pezzo, la spranga calamitata ne separò quasi una sesta parte; l' ispezione con forti lenti, ed alcuni tentativi colla cannella su questa mi diedero manifesto indizio di *pirite magnetica*, di *niccolo*, e di *cobalto*; non ebbi sentore di *cromo*; ma debbo avvertire che essendomi mancato il tempo per procedere colla debita diligenza, l' esame ne è stato troppo imperfetto perchè se ne debba concludere l' assenza di questo

principio, che quasi sempre, sebbene in scarsa dose, hanno gli analitici notato in siffatte pietre. La massa bigio biancastra costa evidentemente di silicati, ed inclinerei, non senza buon fondamento, a credere che quello che vi prevale, e che anzi pressochè intieramente ne costituisce l'intiera massa, debba aversi per *labradorite*, o per *albite*; ma torno a ripetere che le strettezze del tempo non mi han consentito di praticare le disamine che si richiedono a stabilire sicure sonclusioni. Niuno avvertì che queste pietre tramandassero insolito calore; ma qui è d'uopo considerare che la caduta di quello raccolto da *Maccari* appena giunto in terra, intervenne in un fosso, in cui allora abbondevolmente correvano le acque piovane, dalle quali subito venne riempito il forame che il meteorite apriva nell'affondarsi, per lo che pronto ne ebbe ad essere il raffreddamento; ognuno poi sa di qual dura scorza la continua fatica rivesta le mani de' nostri laboriosi contadini, che talora ho veduto, senza far mostra d'accorgersene, sostenere prove incredibili. Degli altri non occorre parlare poichè maneggiati solo alquante ore dopo la caduta, checchè ne fosse per l'innanzi, dovevano già essersi uniformati all'ambiente comune.

Notizie sovra un pezzo di platino nativo

trovato nei monti Urali in un terreno appartenente al Principe Demidoff, in Siberia

del Sig. Le Play.

Questa pepite, la più grossa di quante se ne conoscono poichè pesa 23 libbre $^1/_2$ (di Russia) è stata trovata nel giugno 1843 in una cava chiamata *Acrorina*.

Ecco alcuni particolari sulla giacitura del platino dei monti Urali, di cui fa parte la cava suddetta. Questa giacitura è stata verificata in quel modo migliore che era

possibile, trattandosi d'un minerale che non si trova in filoni, ma che è disseminato in tutta la massa d'una roccia cristallina. Tutte le alluvioni platinifere sono concentrate in piccole vallate irraggianti in ogni direzione intorno ad un gruppo formato da una roccia che spesso presenta un termine medio fra una diorite compatta e una serpentina, ma che nella maggior parte dei punti è una serpentina ben caratterizzata. Non vi è una alluvione platinifera, propriamente detta, la quale non si trovi in una vallata che parte da questo punto centrale, e in tutte le vallate, che per lo meno sono in numero di venti, compresi anche i burroni che irraggiano intorno a questo punto, sono state tentate le scavazioni del platino con maggiore o minor successo.

In una minuta ricerca fatta con gran numero di persone, le quali erano state precedentemente incaricate di raggiungere con numerose escavazioni la roccia, da ogni parte coperta dai folti avanzi d'una vergine foresta, non si è potuto trovare del platino visibile nella roccia stessa, ma si sono osservati i seguenti fatti: 1.° la roccia non offre nessun indizio di filoni, dimodochè se la montagna in questione, che porta il nome di *Marthiane*, è come sembra la giacitura primitiva del platino, questo minerale si troverebbe disseminato nella roccia stessa; quindi questa giacitura differisce dalle alluvioni aurifere, appartenenti a una regione affatto diversa, e dove la roccia solida in prossimità delle alluvioni, presenta da per tutto dei numerosi filoni di quarzo, 2.° si è trovato in molti luoghi il serpentino crivellato alla lettera di piccole particelle di ferro cromato; è questo il minerale dominante negli slicchi platiniferi concentrati nel lavaggi, come il ferro ossidolato domina nello slicco dei lovaggi dell'oro, e tal particolarità non s'è riscontrata in alcun altro punto delle masse di serpentina che abbondano nella medesima contrada.

3.° Per verità nelle migliaia di frammenti che son pas-

sati sotto il martello dei minatori che hanno eseguito questa escavazione, non si è trovato, o per lo meno non si è osservato particella di platino nativo, ma è da considerarsi che non si incontrerebbe peraltro neanche in una esplorazione molto più facile eseguita nelle sabbie platinifere più ricche di platino; frattanto il platino vi è disseminato in tutta l'estensione degli strati orizzontali, di cui si vedono delle sezioni verticali, su delle migliaia di metri di sviluppo

Queste alluvioni, sulle quali delle cause naturali hanno concentrato il platino, devono esser incomparabilmente più ricche del giacimento primitivo; pure non si è mai potuto vedere il platino nella sabbia, se non in pochissimi casi, sovra dei punti che l'escavazione mostrava di straordinaria ricchezza. Ciò dipende dal non contenere le sabbie di platino, anche quando son molto ricche, che una parte di platino in peso sopra 200,000; e intanto queste sabbie devono esser senza confronto più ricche della massa a spese della quale si son formati; e in secondo luogo la porzione di massa che si è potuta vedere con grandi preparativi, è infinitamente piccola in confronto della massa che si osserva nelle alluvioni platinifere; sarebbe dunque contro ogni probabilità, che si trovasse il platino stesso nella roccia, e l'escavazione aveva unicamente per iscopo di verificare la presenza o l'assenza dei filoni, e in quest'ultimo caso l'analogia della massa centrale e dei minerali componenti e subordinati, con quelli che s'incontrano nelle alluvioni stesse.

4.° Questi elementi delle alluvioni, e tutti gli enormi massi che vi si incontrano sono assolutamente identici colla massa della montagna, nella quale tutte le vallate hanno la loro origine.

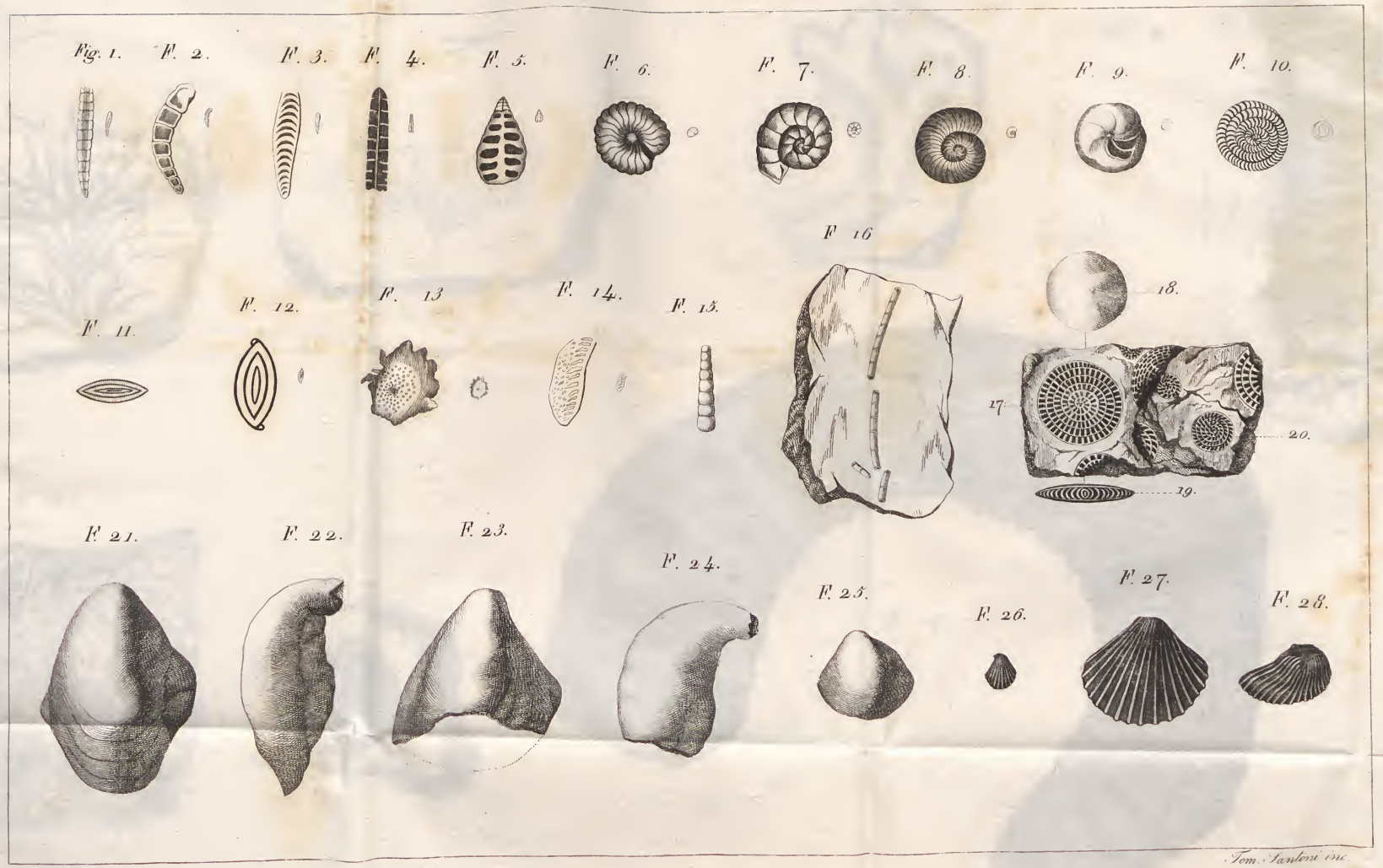
5.° Dopo alcune minutissime ricerche si sono trovati nelle sabbie concentrate dal lavaggio, due piccoli grani di platino ancora aderenti alla roccia, e questa roccia è in-

tieramente identica col serpentino impregnato di ferro cromato che si è trovato situato sulla *Marthiane*.

6.° Fra i densi strati formati alla superficie del suolo delle *Marthiane* dagli avanzi delle foreste, e specialmente dalla decomposizione degli enormi tronchi che vi sono ammucchiati, e che rendono quella località impraticabile a più viaggiatori che non sono assistiti da una gran quantità di pionieri, fra questi strati, dico, e la roccia solida, esiste sempre, anche alla sommità della montagna, la quale è alta 400 metri almeno, al di sopra delle vallate adiacenti, uno strato argillo-ferruginoso. Questo strato non contiene alcuna traccia dei ciottoli rotolati che formano la più gran parte delle alluvioni nel fondo dei burroni. Esso proviene evidentemente dalla decomposizione del serpentino, e si trova nel luogo stesso della roccia che ne ha formati gli elementi. Si è levato un gran numero di pezzi (100 kilogr. circa) di queste argille superficiali, sulla regione ove la roccia inferiore era più ricca di ferro cromato: quasi da per tutto si è ottenuto sui piani inclinati, e coll' opra di lavoranti sperimentati, delle scagliette e dei grani di platino in quantità troppo debole per compensare le spese del lavaggio, ma sufficienti perchè non vi possa restare alcun dubbio sulla presenza del prezioso metallo in questo strato superficiale.

Non è superfluo di aggiungere che dal distretto, ove sono state fatte queste ricerche, sono usciti fino a questo giorno i $^{19}/_{20}$ almeno della quantità totale di platino estratta dal suolo della Russia.

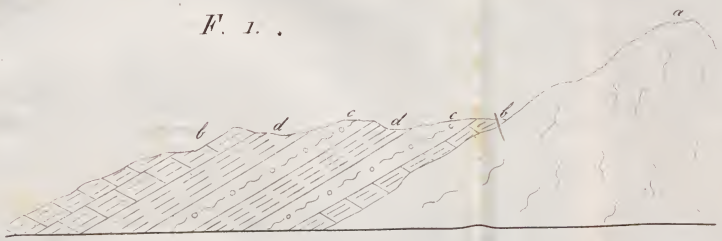
——



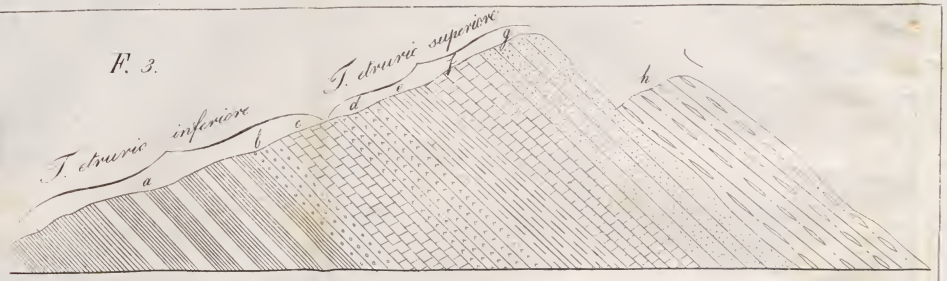
Tom. Santini inc.

Tom. Santoni inc.

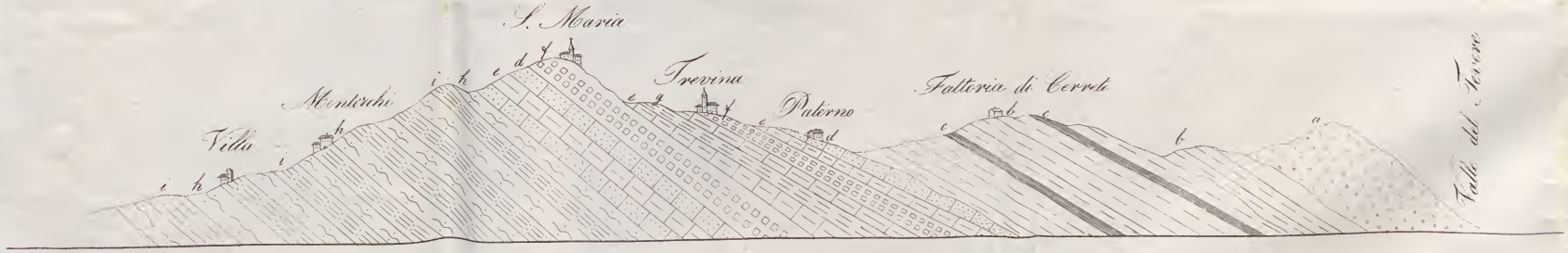
F. 1.



F. 3.



F. 2.



F. 1

- a) Granitone
- b,d) Terreno etrurie inferiore
- c) Strati di arenaria ofiolitica

F. 2.

- a,b,c) Terreno miocenico
- d,e) Terreno etrurio superiore
- f) Strati di calcare nummulitico
- g) Strati di selce
- h,i) Terreno etrurio inferiore

F. 3

- a) Scisti variegati e pietra forte
- b) Macigno
- c) Alberese
- d) Alberese con selce
- e) Calcare nummulitico
- f) Alberese con marne a fucoidi
- g) Macigno friabile
- h) Conglomerati

Tom. Santoni inc.

CONDIZIONI DELL' ASSOCIAZIONE

Le associazioni e distribuzioni per Pisa si fanno alla Tipografia di Rocco Vannucchi.

Le associazioni per il resto della *Toscana* si ricevono in *Firenze* al *Gabinetto Scientifico Letterario* di *G. P. Vieusseux*.

Per il resto dell' Italia presso i corrispondenti del Sig. *Vieusseux*.

All'Estero;

Per la FRANCIA, presso *F. Klincksick*. 11. *Rue de Lille* a Parigi.

Per l' INGHILTERRA, presso *Molini*, *King William Street* a Londra.

Per la GERMANIA, presso *T. Fuos* di Tubinga.

I prezzi di associazione da pagarsi anticipatamente, sono:

L. 16. — toscane franco di porto per tutta la *Toscana* sino ai confini; e per tutti quelli che fuor di Toscana si contentano di riceverlo per la via economica libraria, i porti e dazj a carico loro;

L. 21. — franco di porto per la Posta, per il *Regno di Sardegna* e lo *Stato Pontificio*, paesi pei quali si può francare.

N. B. Resta ben inteso che fuor che per il Regno di Sardegna, e lo Stato Pontificio, chi chiederà il Giornale per la Posta, si obbliga a pagare tutte le spese postali.

RECENTISSIME PUBBLICAZIONI

in Pisa presso l' Editore Rocco Vannucchi.

Matteucci Cav. Carlo, Prof. di Fisica nell' I. e R. Università di Pisa. Fenomeni Fisico-Chimici dei Corpi viventi; un volume figurato in 8.° dei Classici di pag. 320 a Paoli 10, diviso in XX. Lezioni.

I. *Introduzione.*
II. *Azione molecolare — Capillarità — Imbibizione.*
III. *Endosmosi.*
IV. *Assorbimento negli animali e nei vegetabili.*
V. *Digestione.*
VI. *Respirazione — Endosmosi gasosa.*
VII. *Ematosi — Nutrizione — Calore animale.*
VIII. *Fosforescenza dei corpi organici.*
IX. *Corrente elettrica muscolare.*
X. *Pesci elettrici — Corrente propria della rana.*
XI. *Azione fisiologica della forza di gravità, della luce del calorico.*
XII. XIII. *Azione fisiologica della corrente elettrica.*
XIV. XV. *Forza nervosa.*
XVI. *Contrazione muscolare — Meccanica animale.*
XVII. *Circolazione del sangue.*
XVIII. *Apparecchio vocale — Voce.*
XIX. *Udito.*
XX. *Visione.*

Pilla Leopoldo, Prof. di Geologia nell' I. e R. Università. Ricchezze Mineralogiche della Toscana; un volume in 8.° dei Classici di Pag. 224. a Paoli 6.

Lo stesso — Distinzione del terreno etrurio tra' piani secondari del mezzogiorno di Europa, un volume in 4.° grande, con tre grandi tavole in rame, che una colorata, a Paoli 9.

1387

Anno IV. 1846. *Luglio-Agosto*

CIMENTO

GIORNALE

di

FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

COMPILATO

DAI PROFESSORI

MATTEUCCI, MOSSOTTI, PACINOTTI, PILLA, PIRIA,

SAVI PAOLO e SAVI PIETRO

Provando ed osservando

Pubblicato il 9. Agosto

Pisa 1846

Dalla Tipografia di Enrico Vannucchi

Piazza S. Frediano n° 964

SOMMARARIO

PILLA. Alcune osservazioni circa la dottrina delle cause Geologiche attuali, esposte dal Sig. Lyell pag. » 285
MATTEUCCI. Alcune ricerche sulla respirazione delle piante . . . . . » 302
MELLONI Prof. MACEDONIO. Analisi di tre memorie pubblicate ultimamente dal Faraday intorno alle azioni delle calamite e delle correnti elettriche sulla luce polarizzata e sulla massima parte dei corpi ponderabili . . . . . » 316
NOTIZIE SCIENTIFICHE. MATTEUCCI sulle ultime esperienze di Faraday . . . . . » 372
Detto. Sulle equazioni applicabili alla luce sotto l'azione del magnetismo di G. B. Airy . . . 374
Detto. Sulle Osservazioni ed esperienze dei Sigg. Scoresby e Soule sul potere meccanico del magnetismo, del vapore e dei cavalli . . . . . » 375

Alcune osservazioni circa la dottrina delle CAUSE GEOLOGICHE ATTUALI, esposta dal Sig. Lyell ne' suoi ultimi PRINCIPII DI GEOLOGIA (1).

del' Prof. L. PILLA.

Il favorevole successo che hanno avuto in Europa i *Principii di Geologia* del Sig. Lyell è già una pruova che quest' opera deve avere gran merito. Il quale poi si riconosce facilmente sì tosto come si scorrono le prime sue pagine. E veramente l' autore, già conosciuto molto nella scienza, per averla arricchita di non poche osservazioni importanti, dimostra in questo lavoro un ingegno non comune, ed espone le sue idee con sì bell' ordine logico e con tanta precisione che rapisce l' animo del lettore, e quasi lo induce a dividere con lui le sue opinioni. Ma se il geologo accorto si pone in guardia contra questa specie di abbagliamento trova che la dottrina fondamentale esposta dal Sig. Lyell nell' opera anzidetta non regge che sopra una base mal ferma. Di che ho avuto occasione di assicurarmi fin dal primo momento che ho preso a discorrerla, e volendo averne una pruova manifesta, mi è piaciuto di notare come alla sfuggita alcuni de' principali argomenti che sono contrari alle idee sostenute dall' autore. Veramente io non feci ciò col divisamento di pubblicare le mie note su tale proposito; perciocchè il soggetto avrebbe meritato una estensione maggiore. Pure siccome le osservazioni segnate sono cresciute di numero più che io non credeva, ho stimato bene d' inserirle in questo Giornale nella forma in cui mi sono uscite dalla penna. Conosco bene che pochi geologi seguitano le idee del Sig. Lyell: ma tutti hanno nelle mani l' opera in cui egli le

(1) L' edizione alla quale si riferiscono queste osservazioni è la sesta, tradotta a Parigi dalla Sig. Tullia Meullien nell' anno 1843.

ha esposte: e siccome quest' opera può esercitare una influenza su coloro che non sono versati addentro nelle dottrine geologiche, gioverà, spero, far conoscere almeno gli argomenti principali che contraddicono le opinioni del prelodato autore.

Tutta la dottrina del Sig. Lyell si riduce alla somma che segue:

I cangiamenti avvenuti ne' tempi antichi sul Globo sono stati prodotti dalle medesime cause *lente* che operano al presente. Noi crediamo che i primi sono stati effetti di rivoluzioni subitanee e violente: 1.° perchè la durata della nostra esistenza è breve, e ciò non ci permette di conoscere i cangiamenti terrestri che avvengono in un lungo periodo di tempo; 2.° perchè non possiamo vedere i cangiamenti e le operazioni che seguono nel seno dell' Oceano e nell' interno del Globo; 3.° perchè noi vedendo ravvicinati certi effetti fisici passati, siamo indotti a credere ch' essi sono stati prodotti da cause straordinarie e da cangiamenti subitanei avvenuti sul Globo, laddove la loro origine devesi attribuire a cause regolari che operarono lentissimamente e per lungo spazio di tempo. Di questo falso giudizio ci ne reca la cagione allo stato poco avanzato della geologia.

I ragionamenti preliminari che il nostro autore fa su questo proposito nel cap. V. seducono molto l' animo del lettore per l' arte fine con la quale sono condotti, e per le idee ingegnose con cui vengono appoggiati. Ma quando si esaminano bene e con severa critica, si trova che ad essi può applicarsi molto bene il famoso detto di Fontenelle: *Pourquoi non*?

Invece dunque di trattenerci su tali arbitrarie supposizioni cerchiamo di esaminare gli argomenti positivi ch' egli adduce in sostegno delle sue idee. A tal fine gioverà riferire per sommi capi i fatti e le riflessioni che l' autore espone, e poi vedere come queste ultime si accordano co' primi.

La discussione alla quale procediamo sarà fatta per via di *proposte* e di *risposte*. Se non che debbo prevenire il lettore che le presenti osservazioni esposte nella forma indicata, riescono alquanto sconnesse, e talvolta ancora un poco oscure. Quindi per potere comprendere appieno il loro significato sarebbe mestieri di riscontrarle co' passi originali dell' opera del Sig. Lyell che si citano.

Tom. I. Cap. VI.

Circa l' antico clima caldo dell' emisfero settentrionale, dedotto dai mammout trovati in Siberia.

Il clima in cui viveano gli animali di Siberia potea per condizioni geografiche particolari, come per una estensione maggiore de' mari artici verso il Sud, e per una elevazione minore delle terre, essere più dolce del presente, senza però avere una natura equatoriale. Così, per esempio, le ossa fossili d' ippopotamo, di mammout trovansi non di rado in Inghilterra miste con conchiglie di acqua dolce, le cui specie sono presso a poco le stesse di quelle che or vivono nel paese. Tali ossa inoltre occorrono miste con quelle di altri quadrupedi che ora abitano in climi freddi e temperati, come il bisonte. Ciò pruova che le condizioni topografiche e climatologiche, in cui viveano questi grandi quadrupedi, non erano gran fatto diverse dalle medesime condizioni presenti (pag. 219. e 239.)

I naturalisti che hanno visitato la Siberia ci fanno sapere che le ossa fossili di grandi quadrupedi sono più abbondanti, come più si procede verso il settentrione, e spezialmente lungo le rive dell' Oceano glaciale. Il famoso mammout che conservava la sua pelle, i peli, ed infine la carne intera, fu trovato nella foce del fiume Lena a 70 gradi di latitudine, dove è stato scoperto ancora pochi anni fa un altro animale simile, gl' intestini del quale contenevano

tuttora gli alimenti di che ei si nudriva (1). Un rinoceronte intero è stato rinvenuto non è guari in un terreno gelato vicino alla imboccatura della Petchora nel Waigatche (2). Il celebre rinoceronte scoperto da Pallas sulle rive del Wiloui, tributario della Lena, trovavasi a 64° di latitudine. Le osservazioni fatte durante la spedizione del capitano Beechey nell' America settentrionale, al di là del Cerchio artico, ci hanno informato occorrere nella baia d' Escholtz nell' America Russa, all' Est dello stretto di Behring, copiosi avanzi di mammout sepolti in terre ghiacciate a 66° di latitudine. Questi fatti provano che i mari boreali non si dovevano estendere molto verso il mezzogiorno della Siberia nel tempo in cui quivi viveano i grandi mammiferi estinti, altrimenti non sarebbero stati trovati gli avanzi di questi animali a latitudini così alte: ciò che annunzia che i depositi dove si trovano possono essere tutt' al più littorali. Seguita dalle cose dette che il clima di quelle steppe Asiatiche non dovea essere gran fatto modificato da questa circostanza geografica, e se veramente esso era più caldo, dobbiamo attribuirne la cagione a qualche altra influenza fisica. Egli è poi difficile a credere che i grandi mammiferi fossili di Siberia poteano vivere in quel paese allorchè le condizioni del suo clima erano *poco* diverse da quelle presenti; e l' esempio con cui il Sig. Lyell cerca di sostenere questa sua opinione ci sembra male scelto. Se il clima dell' Inghilterra nel tempo in cui ci viveano i mammout, gl' ippopotami ec. era poco diverso dal clima presente, perchè mai questi animali sono scomparsi da quell' isola e non ci allignano più? Delle due cose l' una. O la condizione climatologica del paese era allora simile alla presente, e perchè in quel tempo ci viveano gl' ippopotami, i mammout ec. ed ora non vi esistono più? O la condizione medesima era alquanto di-

(1) *Bullet. de la Soc. Géol. de France*, tom. XIV. p. 516.
(2) *Idem*, tom. XII. p. 318.

versa, e perchè si ha ricorso all' argomento che i testacei di allora erano identici a quelli di oggigiorno? Siccome quest' ultimo fatto è in opposizione col primo, si può sospettare che non sia vero in tutta la sua estensione. E noi ne abbiamo una pruova nelle circostanze geologiche che accompagnano le ossa fossili di elefanti in vari luoghi d' Italia, e spezialmente in Toscana. Lungo tutta la valle dell' Arno si trovano di passo in passo degli avanzi di questi animali sepolti nelle colline subappennine: nel Val d' Arno superiore occorrono in mezzo a depositi che sembrano essere di acqua dolce (1); e nel Val d' Arno inferiore, cioè da Empoli in giù, fra le sabbie e le marne subappennine. E poichè la natura della fauna subappennina indica nell' Europa di quel tempo un clima più caldo del presente, conviene argomentare che quando viveano in Italia gli elefanti doveano trovarvi condizioni di esistenza che ora vi mancano.

Alcuni animali che hanno una certa somiglianza di forma e di struttura osteologica possono vivere in climi assai diversi. Il bufalo ha bisogno di una temperie elevata, laddove il bue moscato si adatta assai bene ne' magri pascoli delle regioni artiche, ec. ec. Quindi l' elefante di Siberia, ch' era diverso dalle specie viventi, potea esistere in un clima diverso da quello in cui vivono questi ultimi (*p.* 222). *Inoltre l' elefante ed il rinoceronte di Siberia essendo stati provveduti di una pelliccia setolosa e coverta di lanugine, ch' era impenetrabile al freddo, poteano per effetto di questa loro organizzazione resistere alle vicissitudini di un clima settentrionale* (*p.* 231).

(1) Crediamo bene di far qui conoscere che insieme cogli avanzi di grandi mammiferi si sono trovati nel Val d'Arno Superiore alcuni frutti di un noce che ora non vive in Europa. Essi hanno grandissima analogia con quelli della *Juglans cinerea*, albero che presentemente alligna nella Luisiana nell' America del Nord: ma ne differiscono per essere alquanto più grossi e compressi, laddove cilindrici sono quelli del noce americano. Tengo questi schiarimenti dal mio collega Pietro Savi.

Concediamo pure ciò che qui dice l' autore. La quistione non muta però aspetto. Già da lungo tempo Cuvier avea espressa l' opinione che l' elefante ed il rinoceronte di Siberia per la natura lanosa e setolosa della loro pelle poteano vivere in un clima, che non si potrebbe sopportare dalle spezie affini ora viventi: e noi non facciamo nessun conto dell' assertiva del vescovo Heber, di avere cioè veduto nella giogaia inferiore delle montagne dell' Imalaia, verso i limiti Nord-Est del territorio di Dehli, un piccolo elefante indiano ricoverto di una folta pelliccia (1): neppure mentoviamo l' opinione di un illustre zoologo, cioè del Sig. Blainville, il quale giudica il mammout identico all' elefante dell' Indie ancora vivente. Nondimeno, per quanto voglia essere larga la nostra concessione, ella non può estendersi che fino ad un certo termine: egli è sempre necessario di ammettere che le condizioni del clima di Siberia nel tempo in cui ci viveano i grandi quadrupedi doveano essere diverse da quelle del tempo presente, perchè vi dovea allignare una vegetazione accomodata alle condizioni di esistenza di detti animali. Ora il nodo principale della quistione si è di spiegare la causa che ha fatto cessare di esistere detti animali in quella contrada. Tale causa sembra a tutti essere stata un deterioramento del clima, il quale ha distrutta la vegetazione del paese, e non ha permesso agli animali di continuare a vivere e propagarsi. Intanto questo deterioramento non ha potuto essere che subitaneo, altrimenti non si potrebbe comprendere come mai le mummie di mammout e di rinoceronti avrebbero potuto conservarsi in quello stato d' integrità in cui sono state trovate. Ed ecco che la dottrina di Lyell, con la quale ei crede di spiegare questi fenomeni per effetto di modificazioni lente ed insensibili del clima, riesce sempre inverisimile,

(1) *Narr. of a Journey trough the Upper Provinces of India* vol. II. p. 166—219.

anzi cade interamente. Per altro egli cerca di evitare lo scoglio additato con argomentazioni di altra natura, e noi vedremo or ora se queste sono più convincenti.

Le investigazioni recenti de' viaggiatori ci hanno fatto conoscere i seguenti importantissimi fatti. Una specie di tigre molto simile a quella del Bengala è assai comune nelle vicinanze del lago di Aral al 45° grado di latitudine settentrionale: talvolta s' incontra più al Nord in Siberia ad una latitudine corrispondente a quella di Berlino e di Amburgo. L' ultima tigre che nel 1828 *fu uccisa su le sponde della Lena, a* 52° $^1/_4$ *di latitudine boreale, si trovava sotto un clima freddo come quello di Pietroburgo e di Stockolm. Si conoscono esempi di molti altri animali che vivono abitualmente ne' tropici, i quali giungono errando fino a latitudini molto elevate. La conoscenza di questi fatti rende molto probabile che certi grandi quadrupedi simili a quelli che vivono presentemente in regioni calde potettero abitare anticamente ne' nostri climi temperati* (pag. 223).

Gli esempi che qui si citano, per quanto sono curiosi, si debbono considerare sempre come una estensione insolita dei limiti che circoscrivono ordinariamente le stazioni degli animali su la terra: queste migrazioni straordinarie probabilmente sono effettuate durante i mesi estivi. Nè il fatto che si allega delle tigri trovate in Siberia a latitudini alte rende probabile l' esistenza di antichi elefanti in un clima simile a quello presente del cerchio artico: perocchè, secondo la giusta riflessione del Sig. de la Beche, siccome questi ultimi animali si nudriscono di vegetabili, e gli altri di carni, egli è evidente che almeno per quello riguarda il nutrimento, le tigri possono vivere più al settentrione che gli elefanti. È inutile poi di dire che queste migrazioni *accidentali* delle tigri non possono darci schiarimenti che soddisfacciano circa l' *immensa copia* di ossami fossili che si trovano in quella regione ghiacciata, come più particolarmente appresso sarà detto.

Si crede generalmente che i grandi erbivori hanno bisogno per loro nutrimento di una vegetazione eccessivamente abbondante. Questa opinione è affatto erronea. I viaggiatori che hanno visitato il Capo di Buona Speranza ci fanno conoscere che le regioni comprese tra quel Capo ed il tropico di Capricorno, quantunque sterili e deserte, nondimeno sono notevoli per il numero e la grandezza de' loro quadrupedi indigeni (p. 234).

Le relazioni de' viaggiatori non hanno se non quella certezza, la quale risulta dalla nostra fiducia su l' altrui testimonianza. Alcuni di essi meritano fede per le pruove che danno di una dottrina non comune, di un metodo eccellente tenuto nell' osservare, e sopratutto di giudizio imparziale. Ce ne ha poi alcuni altri, i racconti de' quali lasciano sempre lo spirito nell' incertezza, sia perchè le loro osservazioni non sono state estese sopra un vasto campo, ovvero perchè non sono purgate da qualunque sospetto d' inesattezza, ovvero infine perchè hanno l' impronta di qualche idea predominante. Senza escire dal campo della geologia, non abbiamo noi veduto alcuni viaggiatori, le relazioni de' quali sono tenute in gran credito, affermare che certi crateri vulcanici hanno vomitato delle lave calcaree? Quale diffidenza non debbono cagionare de' racconti di questa natura? Quindi noi vogliamo ben credere che le regioni dell' Africa, dove vivono gli elefanti, i rinoceronti ec. non dieno ricetto ad una rigogliosa vegetazione, perchè non possiamo addurre argomenti in contrario: ma certamente i luoghi dove vivono i detti animali non possono essere simili alle steppe di Siberia, dove si trovano gli avanzi di grandi quadrupedi, a meno che non vogliamo credere che i detti animali si nutrissero di altre materie fuorchè di vegetabili.

Non ci ha dubbio che oggigiorno non potrebbero vivere numerosi branchi di mammout e di rinoceronte durante tutto l' anno in Siberia, il cui suolo rimane coverto di neve tutto l' inverno. Ma non possiamo però dire che non

avesse potuto un tempo crescere e prosperare una vegetazione adattata a nutrire questi grandi animali tra i 40° e 60° di latitudine Nord (p. 237).

Questo argomento pruova sempre che la condizione del clima di Siberia nel periodo in cui ci viveano i grandi quadrupedi estinti dovea essere affatto diversa dalla condizione presente. Rimane ora da vedere qual' è stata la cagione che ha prodotto questo cangiamento.

Nel modo medesimo che moltissimi animali, i quali abitano i climi settentrionali hanno l' usanza di emigrare verso il mezzogiorno durante l' inverno, noi possiamo supporre che i mammiferi estinti di Siberia avessero l' abitudine di emigrare verso il settentrione durante le stagioni estive. Ognuno conosce il fatto del bove moscato, *il quale adesso abbandona nella state i suoi quartieri d' inverno meridionali, e passando il mare sopra il ghiaccio si trasferisce all' isola Melville, la cui latitudine è di 70° a cibarsi de' ricchi pascoli che vi sono* (pag. 238).

Questa supposizione è assolutamente inverisimile. Infatti come mai gli animali estinti di Siberia avrebbero lasciato le loro spoglie in tanta abbondanza nel paese dove *emigravano* e non già in quello dove *viveano abitualmente*? Ancora quale ragione potevano avere i mammout ed i rinoceronti di emigrare al settentrione nella state? Forse perchè non potevano sopportare il calore de' climi più meridionali della Siberia? Ciò sembra contrario alle condizioni organiche di questi animali, i quali erano molto affini agli animali ed ai rinoceronti viventi, e questi grandi animali erbivori non si veggono ora emigrare a latitudini alte. Forse per ritrovare un pascolo più abbondante? E si può questo credere se la natura del clima di Siberia in quel tempo era, secondo che suppone l' autore, poco diversa dalla presente?

Non è necessario di ammettere che l' estinzione degli animali di Siberia, e la loro conservazione nel ghiaccio, sia stato effetto di una rivoluzione subitanea ovvero nell'

antico clima, ovvero nello stato primitivo della superficie del Globo. Si può supporre che a cagione di un cangiamento fisico avvenuto nel paese, le differenze di temperie tra l' inverno e la state sono andate lentamente crescendo, e quindi l' estinzione definitiva del mammout e de' suoi contemporanei devesi attribuire piuttosto ad un aumento di freddo dell' inverno che ad una diminuzione generale della temperie media (p. 239).

Per le ragioni addotte dinanzi si argomenta che le condizioni geografiche della Siberia nel tempo in cui ci viveano i grandi quadrupedi non doveano essere gran fatto diverse da ciò che sono al presente. Ma pognamo pure per vero ciò che suppone l' autore. La conservazione nel ghiaccio degli animali più volte citati è sempre uno scoglio, contro al quale vanno a rompere tutt' i suoi argomenti. Perocchè questa circostanza fa naturalmente supporre che i loro corpi furono *subitamente* avviluppati dal ghiaccio, il quale gli preservò dalla corruzione: tutt' i naturalisti che hanno preso ad esaminare questo rilevantissimo soggetto geologico si sono accordati in tale opinione: ed in verità quando si considerano le circostanze le quali accompagnano la sepoltura dei grandi mammiferi nel suolo ghiacciato di Siberia, si deve per necessità convenire che la causa, la quale gli ha spenti, ha operato rapidamente. Non solamente sono stati trovati in quella regione elefanti e rinoceronti con la pelle e con le carni intere, ma ancora vi si scoprono un immenso numero di difese elefantine che conservano la materia animale dell' avorio in uno stato di grandissima freschezza. Siamo assicurati oggigiorno che i numerosi lavori di avorio che sono eseguiti nella China provvengono quasi tutti dalle difese di mammout raccolte in Siberia da carovane istituite per questo genere d' industria. Adunque tali difese non sono state esposte all' azione di cause alteranti, le quali in processo di tempo le avrebbero calcinate: elle sono state preservate mercè l' azione di un freddo inten-

so. Ora queste idee non si possono conciliare con la supposizione espressa dal Lyell nel passaggio di sopra citato. Perocchè un cangiamento insensibile del clima per effetto di una variazione nella geografia fisica del paese, può bene avere occasionato inverni più freddi, può ancora aver fatto cessare di esistere i grandi quadrupedi; ma non può mai rendere possibile la *coincidenza* di due fenomeni opposti, cioè l'esistenza degli elefanti e della vegetazione necessaria a nudrirgli, e la produzione di un freddo così intenso capace di agghiacciare le materie, ne' quali gli scheletri di detti animali furono avviluppati. Questi due fatti sono assolutamente incompatibili fra loro. Rimane solamente un altro caso possibile di spiegazione, cioè che gli scheletri di elefanti fossero stati trascinati da luoghi lontani, per azioni di cause che adoperano tutto giorno, ed il Sig. Lyell non ha mancato di mettere in campo questa supposizione. Nel passo che segue vedremo il modo com' egli concepisce questa possibilità.

I grandi fiumi di Siberia, i quali scorrono dal Nord al Sud essendo traversati durante sei mesi dell' anno da una barriera di ghiacci verso la loro foce, sono obbligati a straripare, e però schiantano foreste intere che incontrano nel loro passaggio. Quindi si comprende di leggieri che gli animali i quali cadono nelle loro acque possono non solamente essere trasportati a grandi distanze nella direzione del mare artico, ma benanco possono essere sepolti in masse di ghiaccio innanzi di giungere al mare. Da un altro lato egli è possibile che più tardi il ghiaccio venendo a rompersi, gli scheletri di detti animali possono essere trascinati infino all' Oceano, e rimanere sepolti ne' depositi fluviatili e marini che si accumulano presso alle foci de' fiumi. In questa guisa dunque possiamo credere sia avvenuta la sepoltura degli animali di Siberia in regioni ghiacciate (pag. 240).

La maniera con la quale il Sig. Lyell cerca di qui spiegare la sepoltura degli animali fossili di Siberia, non sod-

disfa a tutte le condizioni del fenomeno: perocchè la causa ch' ei suppone è assolutamente sproporzionata all' effetto. Si vuole osservare innanzi tutto, che Pallas, Hendestrom, e molti altri autori affermano che le ossa di mammout s' incontrano in grandissima abbondanza in tutta la parte bassa di Siberia, la quale dall' Est all' Ovest si estende dalle rive della Petchora in Europa infino alla baia d' Escholtz nell' America russa, e dal Sud al Nord dalla base delle montagne dell' Asia centrale infino alle coste del mare Artico. In quel vasto spazio di terreno, il quale, secondo il Lyell medesimo, non ha una estensione minore di tutta l' Europa, occorrono avanzi di mammout quasi da per tutto; e se si veggono principalmente nelle sponde de' fiumi, la ragione si è che questi tagliando il suolo mettono allo scoperto gli strati che tengono sepolti gli avanzi fossili. E Pallas giustamente ha dedotto da ciò, che se si potessero fare dei tagli in tutt' i terreni alti interposti tra' grandi fiumi di Siberia, vi si troverebbero probabilmente degli ossami simili. Il Sig. Tilesius è di avviso che gli scheletri di elefanti fossili racchiusi in quella parte della Russia sono così copiosi che il loro numero sopravvanza di molto quello di tutti gli elefanti che vivono oggigiorno alla superficie del globo. Messi questi fatti per veri, egli è impossibile che una quantità così sterminata di mammiferi fossili sieno stati accumulati sopra una superficie immensa di paese da inondazioni simili a quelle che sono prodotte oggigiorno dai fiumi della Siberia. La storia de' fenomeni che seguono oggigiorno alla superficie del Globo, e specialmente delle azioni che i più grandi fiumi presenti producono con le loro inondazioni, non ci presenta nessun fatto che si possa a questo comparare. Perchè il fenomeno onde si parla fosse stato prodotto dalla causa che suppone il Sig. Lyell, conviene ammettere che i fiumi di Siberia avessero inondata tutta l' immensa superficie di terreno indicata di sopra, ch' equivale all' Europa intera. All' incontro noi conosciamo nel Nuovo Continente un fatto

assolutamente simile a questo che si osserva in Siberia, cioè l'immenso numero di mammiferi estinti che si trovano sepolti nelle *pampas* di Buenos Ayres. Sono indicate con tal nome alcune pianure estese dell'America meridionale composte di un limo argilloso rossiccio simile al *loess* del Reno; il quale forma un deposito che dal livello dell'oceano si eleva gradatamente verso il settentrione e l'occidente fino ad un altezza di 100 metri, e si estende da Buenos Ayres fino a S. Pedro per una lunghezza di circa 15 miriametri. Nelle costiere del Parana si veggono sporgere porzioni di scheletri di grandi mammiferi, come di *megatherium*, *dasypus*, *mylodon*, *mastodonti* ec. esposti come in un immenso museo di Storia Naturale (1). Ora egli è facile a comprendere che nè il Parana in America, nè l'Irtish, l'Obi, il Jenisei, la Lena in Siberia non hanno potuto con le loro inondazioni produrre l'immenso suolo di alluvione in mezzo al quale scorrono, nè seppellire nelle materie alluviali le copiose spoglie di grandi animali che queste rinserrano: gli anzidetti fiumi non hanno fatto altro che solcare un deposito già precedentemente formato, e mettere allo scoperto i carcami che vi si trovavano racchiusi. Ed ecco che il fenomeno geologico de' mammiferi antichi sepolti nel suolo di Siberia, come nelle *pampas* dell'America meridionale, è accompagnato da tali accidenti che non si possono credere prodotti da inondazioni simili a quelle che sono cagionate dai fiumi di oggigiorno.

La terra di Siberia a 62° di latitudine Nord, e alla distanza di 200 leghe dal mare, trovasi presentemente ghiacciata fino alla profondità di 400 piedi. Quindi nel tempo in cui l'elefante vivea in Siberia, e quando la terra era meno estesa verso il Nord, il suo clima potea essere

(1) *D'Orbigny, Considérations générales sur la géologie de l'Amérique méridionale* (Compt. Rend. de l'Acadèm. des sciences de Paris, tom. XVII. num. 9).

assai più temperato di oggigiorno, e nondimeno il freddo potea essere abbastanza intenso, perchè producesse nella superficie del suolo uno strato di terra ghiacciata, in cui i carcami di animali trascinati da' fiumi poteano rimanere avviluppati (p. 241).

Dopo tutte le ragioni precedentemente esposte è cosa superflua di mostrare il picciolo valore di questo argomento recato dal Lyell in appoggio della sua opinione; perocchè non essendo esso sostenuto dagli altri, a' quali deve in cambio servire di puntello, cade insieme con questi.

In conchiusione il mammout e gli altri quadrupedi estinti, conformati in modo da vivere ad alte latitudini, hanno potuto benissimo abitare nella parte settentrionale dell' Asia in un epoca in cui il clima era colà più dolce e più uniforme che oggi non è (p. 43), *e la loro estinzione può essere stata effetto di un cangiamento insensibile di clima* (p. 240).

La vera conchiusione che possiamo trarre dai fatti esaminati si è, che gli animali fossili della Siberia sono uno de' più grandi scogli della geologia. La loro misteriosa giacitura non si può comprendere interamente nè con la dottrina delle cause attuali, nè con quella delle azioni passate. Ogni altra quistione geologica, infino a quella de' massi erratici, può essere spiegata in un modo o in un altro più o meno soddisfacente. Ma quella onde si ragiona trova spine ed ostacoli da per tutto, come lo indicano i fatti seguenti che qui ricapitoliamo.

Vogliamo supporre che i mammout ed i rinoceronti fossili di Siberia viveano abitualmente in quella regione? Conviene di necessità ammettere che le condizioni del clima doveano quivi essere allora assolutamente diverse da ciò che sono al presente, non fosse per altra ragione almeno per questa, che vi dovea crescere una vegetazione necessaria all' esistenza di detti animali.

Si vuole credere che gli animali su citati avessero una

organizzazione capace di fargli vivere in un clima più freddo di quello, dove ora sono confinate le specie simili? Ci sono de' fatti che rendono inverisimile questa opinione. La stessa specie di elefante di Siberia è stata trovata fossile in molti altri luoghi del Globo, che sono situati sotto latitudini assai diverse. Gli ossami di questo animale sono abbondanti in molti paesi d' Italia, abbondantissimi poi nel Valdarno superiore ed in tutte le colline terziarie della Toscana. Uno scheletro fossile dell' elefante di Siberia fu trovato dal Peyresc nelle vicinanze di Tunisi, e non ci ha nessuna tradizione, la quale ci faccia conoscere l' esistenza di elefanti negli Stati Barbareschi (1). Sono stati scoperti molti ossami di elefanti fossili in vari luoghi degli Stati Uniti di America, e spezialmente nello Stato di Kentucky lungo le rive dell' Ohio. Humboldt ha portati in Europa pezzi di denti molari assai grandi, simili affatto a quelli di Siberia, trovati a Huehuetoca vicino al Messico (2). Si dice che il dottor Lund abbia trovato ossa di elefanti (o mastodonti?) nelle caverne ossifere del bacino del S. Francisco nel Brasile (3). E quanto al rinoceronte di Siberia a narici tramezzate (*r. tichorinhus*), oltre all' essere stati ritrovati degli ossami di questa specie in vari luoghi della Francia, non mancano esempi di sua antica esistenza anche in Italia. Si conosce una mascella fossile di questa specie ritratta dall' Appennino Bolognese, la quale fu illustrata dal Ranzani. Nel Museo di Pisa ci ha un modello di un bel cranio della stessa specie, il quale è stato preso dal mio collega prof. Savi sopra un pezzo originale che si conservava nel Museo di Targioni a Firenze, e che proveniva dal Val d' Arno superiore: ci ha ancora una mascella inferiore di rinoceronte, del medesimo luogo, la quale per la sua promi-

(1) Cuvier, *Recherches sur les ossem fossiles* tom. 1. deux. Sect. art. 1.

(2) Idem, id.

(3) *Bullet. de la Soc. Géol. de France*, tom. 14. p. 233.

nenza ristretta con cui termina in avanti, mostra appartenere alla specie di Siberia. Tutti questi fatti provano primamente che gli animali misteriosi di sopra citati non doveano vivere in climi molto freddi, e per secondo che i luoghi di Siberia, dove viveano i mammout, doveano trovarsi sotto linee isotermiche, poco diverse da quelle che occorrevano nell' Italia, ovvero in quel periodo dovea essere alla superficie del Globo una maggiore uniformità di temperie. La quale circostanza sembra allontanare sempre più l' idea della formazione di grandi ghiacci nelle terre di Siberia dove viveano gli elefanti, e contemporaneamente all' esistenza di questi animali.

Vogliamo ammettere che la estinzione di detti quadrupedi fosse stata occasionata da un cangiamento di clima? Siamo obbligati altresì a supporre che questo cangiamento dovè essere *subitaneo*: perocchè lo stato di conservazione degli elefanti e de' rinoceronti di Siberia in mezzo a' ghiacci non si può spiegare altrimenti se non ponendo che i loro corpi furono subitamente avvolti da materie ghiacciate, le quali, simili ai ghiacci eterni delle sommità elevate del Globo, gli hanno preservati dalla corruzione. E in questo caso come si concilia un tale subitaneo abbassamento di temperie co' fatti che abbiamo testè riferiti, i quali annunziano climi più caldi de' presenti in tutta la superficie del Globo nel periodo di esistenza de' grandi quadrupedi fossili? Quale ha potuto essere mai la causa di questo repentino raffreddamento della superficie terrestre, il quale si oppone a ciò che sappiamo delle condizioni climatologiche della medesima ne' periodi anteriori al presente?

Vogliamo supporre che i carcami più volte nominati furono trascinati per mezzo delle inondazioni de' fiumi dai luoghi temperati, dove viveano, in regioni ghiacciate? Noi abbiamo già veduto che questa causa è assolutamente sproporzionata all' effetto. Dobbiamo di necessità pensare col Buckland, che qualunque si fossero le cause le quali

hanno sepolto gli animali di Siberia, elle hanno operato sopra tutte le coste de' due continenti al di là del cerchio artico: quindi le inondazioni de' fiumi riescono insufficienti a spiegare questa universalità di azione.

Vogliamo ritenere che i mammout fossero usciti dalle contrade brucianti della loro patria, e si fossero estesi in emigrazione fino alle parti settentrionali della Siberia? Questa opinione riesce assolutamente assurda, quando si considera che non ci sono mammout fossili ne' luoghi dove ora vivono le specie loro congeneri, e che gli avanzi di essi sono in numero sterminato verso le regioni polari dell' Asia.

Si vuole congetturare che la cagione del loro trasporto sia stata una rivoluzione violenta del Globo, la quale spazzando la superficie di paese dove quegli animali viveano gli avesse trascinati verso i poli? Molte difficoltà si fanno incontro a questa ipotesi. Primamente, abbiamo veduto che non si scoprono ossa di mammout ne' climi in cui gli elefanti vivono ora abitualmente. Secondamente gli anzidetti animali non avrebbero potuto arrivare in Siberia dalle Indie o da un altro paese caldo, traversando le Montagne Celesti senza smembrarsi. Finalmente una rivoluzione fisica di questa natura avrebbe dovuto trascinargli non pure in Siberia ed in tutta l' Europa, ma infino in America: cosa che non può capire nella mente. Senza che, questa rivoluzione non avrebbe potuto essere altra cosa che il passaggio di una gran massa di acqua alla superficie del Globo. Se questa inondazione s' imagina di origine marina, tale supposizione è renduta inverisimile dalla mancanza presso che generale de' corpi marini negli strati dove si trovano sepolti i grandi ossami fossili. Se si vuole supporre di acqua dolce, e d' onde mai poteva essere questa tolta?

Ed ecco che noi conosciamo bene l' organizzazione e la natura di questi antichi animali, sappiamo le relazioni che aveano le loro specie con quelle analoghe oggi viventi,

abbiamo notizie precise sopra tutte le circostanze che accompagnano la loro giacitura negli strati terrestri; ma la causa che gli ha sterminati e sepolti è per noi un gran mistero.

Questo solo possiamo assicurare di fermo, che qualunque sia stata la causa produttrice di questo grande fenomeno naturale, ella dovè essere *subitanea*, e di un ordine interamente diverso da quelle che adoperano oggigiorno alla superficie del Globo.

(*sarà continuato*)

Alcune ricerche sulla respirazione delle piante.

di Carlo Matteucci.

Profittando del soggiorno alla campagna per la maggior parte dei mesi di Maggio, Giugno, e Luglio di quest' anno mi sono dato a tentare alcune ricerce sulla respirazione delle piante. Benchè io non avessi da prima in mira se non che di rivedere le esperienze annunziate da Schultz e contraddette poscia da Boussingault, tuttavia mi sono trovato mano a mano condotto ad un lavoro più lungo che non l' avevo creduto da prima.

Pochi soggetti sono così importanti ed oscuri nella Filosofia naturale come quello della vita delle piante. L' essere vegetabile, apparentemente tanto semplice e di cui la struttura e la composizione chimica sembrano quasi identiche per ognuno di questi, di cui l' esistenza si svolge in condizioni generalmente eguali, prendendo per nutrimento li stessi elementi e vivendo nei medesimi mezzi, è capace nello stesso tempo di una grande varietà di produzioni, dà origine a corpi tanto diversi. Così esistono pian-

te, limitandomi a distinguere quelle più singolari nelle loro secrezioni, che producono dei corpi resinosi, altre degli olj fissi o dei volatili, altre degli alcaloidi, altre degli acidi, altre delle sostanze neutre, come la salicina e lo zucchero. Intanto noi ammettiamo generalmente come dimostrato dall' esperienza che l' acido carbonico è scomposto sotto l' azione della luce solare dalla sostanza verde delle foglie, che alcuni sali alcalini o terrosi assorbiti dalle radici delle piante formano parte essenziale della loro composizione, e finalmente che l' ammoniaca e l' acqua possono essere scomposte dal vegetabile che si assimila alcuni dei loro elementi. Ecco tutte le nostre cognizioni positive sopra questo soggetto ed è facile di vedere la impossibilità di risalire col loro appoggio ad una scientifica interpetrazione delle produzioni singolari dei vegetabili suaccennate. Se osassi esprimere la mia opinione sopra la direzione più utile da darsi a queste ricerche, direi che ci siamo ingannati credendo di possedere già i fatti i più semplici e generali della vita delle piante, e che a questi invece si deve giungere collo studio minuto da farsi sopra le funzioni fisico-chimiche di ognuna di queste, nelle varie epoche della sua vita. Ad evitare una estensione troppo grande di lavoro converrebbe scegliere fra le molte piante quelle che si distinguono per la produzione di un corpo ben definito nella sua composizione e nelle sue reazioni. Fatta questa scelta, cominciando dallo studio dei fenomeni fisico-chimici della sua germogliazione, si continuerà in questa via per tutto lo sviluppo della pianta sino alla sua fine, e nel tempo stesso sarà determinata la sua composizione, tanto elementarmente, quanto nei suoi principj immediati. Sono convinto che la fisiologia di una pianta così fatta, spargerebbe più luce sopra le funzioni dei vegetabili di quella data dalle poche cognizioni generali che sopra di esse possediamo.

Duolmi che i pochi fatti che io passo ad esporre non

siano del genere di quelli ottenuti col piano che ho tracciato: mi mancano le cognizioni di fisiologia vegetabile e di chimica necessarie a battere quella via, ed occupato di altri studj non ho potuto che accidentalmente ed in un modo imperfetto studiare questo soggetto.

Descriverò separatamente: 1.° alcune ricerche generali sulla respirazione delle piante; 2.° altre sull'aria contenuta nelle foglie e nei fusti di alcune piante; 3.° infine quelle tentate per ripetere le esperienze di Schultz.

In tutti i libri di Fisiologia vegetabile e di Chimica si parte dall'ammettere che la materia colorante verde delle foglie, scompone sotto l'azione della luce solare l'acido carbonico, rendendo libero l'ossigene: s'aggiunge che nella notte l'ossigene si combina al carbonio delle piante per un'azion chimica ordinaria, e forma acido carbonico. Ora parmi che questi fondamenti della teoria della respirazione delle piante sono lungi dall'essere dimostrati dall'esperienza. Ho preso delle foglie da un gran numero di piante, e dopo averle ben triturate in un mortajo, le ho esposte al sole con acqua acidulata d'acido carbonico. Non ebbi mai in alcuna esperienza traccia d'ossigene se questa fu tentata quando non vi erano rimasti pezzi di foglia non lacerati.

Misi la materia delle foglie così triturata in contatto dell'ossigene entro una campana di vetro rovesciata sul mercurio. Dopo dodici ore in cui l'esperienza fu lasciata nell'oscurità, non si ebbe traccia sensibile di acido carbonico, mentre le foglie intere o stagliuzzate ne producono abbondantemente. E di certo la sostanza verde delle foglie non era stata alterata colla triturazione nella sua composizione, giacchè trattando coll'alcool le foglie triturate, si ottiene la stessa sostanza verde che si ha dalle foglie intatte.

Ho preso un certo numero di foglie di *cornus sanguinea* nel mattino, e le ho messe sotto l'acqua in una cam-

pana rovesciata sull' acqua in una capsula, le ho ricoperte colla campana della macchina pneumatica, ed ho fatto il vuoto. Dopo un' ora lasciai rientrar l' aria e viddi, come già si sa, penetrar l' acqua nelle foglie e sparire la tinta biancastra della loro pagina inferiore. Misi queste foglie nell' acqua acidulata d' acido carbonico al sole, e un numero simile di foglie lasciate intatte, fu esposto alla luce in una boccia separata. Il risultato di questa esperienza, che ripetei varie volte, fu costante. Il miscuglio gassoso ottenuto dalle foglie intatte supera quello delle altre ottenuto nel vuoto e la proporzione dell' ossigene vi è pure maggiore. In una esperienza fatta con venti foglie tenute in 1200° cent.c. di liquido acidulato, ebbi 53,cc di miscuglio gassoso, in cui erano 70,7 parti di ossigene ogni cento; mentre dalle foglie votate ebbi 45,c.c di miscuglio gassoso che contenevano 67,5, d' ossigene per cento. In una esperienza usai dell' acqua distillata e bollita che acidulai con una corrente di acido carbonico. Dalle foglie intatte ebbi 39cc,5 di miscuglio gassoso che conteneva 45,3 d' ossigene per cento, mentre dalle foglie vuotate ebbi 20cc,2 contenente 40,2 di ossigene per cento.

Lasciando per più lungo tempo le foglie nel vuoto sempre più diminuisce la quantità di miscuglio gassoso che poi si ottiene esponendole al sole nell' acqua bollita ed acidulata d' acido carbonico. Noterò tuttavia che questa quantità di miscuglio gassoso è sempre grandemente maggiore di quella che si ottiene dalle sole foglie col mezzo del vuoto.

Le foglie vuotate di aria e tenute al sole nell' acqua acidulata d' acido carbonico riprendono dopo qualche ora la loro apparenza, cioè la pagina inferiore riapparisce biancastra, ed ho ottenuto molte volte, usando queste foglie così ristabilite e nel giorno seguente gli stessi resultati che si hanno dalle foglie staccate dalla pianta nello stesso tempo di quelle, ma non vuotate d' aria. Voglio dire che

messe nell' acqua acidulata d' acido carbonico al sole, mi davano sì le une che le altre un miscuglio gassoso egualmente composto, ma tuttavia nella totalità sempre diverso e nello stesso senso. Così ebbi nel secondo giorno d' esposizione al sole nell' acqua acidula dalle foglie intatte 92cc di miscuglio gassoso, contenente 38,3 per 100 d' ossigene: dalle foglie vuotate ebbi 38,cc3 di miscuglio gassoso che conteneva 39 d' ossigene per 100.

Ho messo le foglie di cavolo comune nell' acqua a +65°C per alcuni minuti, e le ho tratte verdi come prima. In questo stato furono esposte al sole nell' acqua acidulata con acido carbonico, e non ebbi mai una bolla di gas. Noterò che dalle foglie di cavolo così trattate si otteneva coll' alcool la solita sostanza verde come dalle foglie intatte.

Ho messo alcune bache o *strobili* di cipresso, giovani e verdi nell' acqua acidulata d' acido carbonico al sole e non ebbi mai una bolla di gas. Da queste bache si ottiene coll' alcool una sostanza verde che sembra identica a quella delle foglie.

Misi cinque di queste bache in una campana rovesciata sul mercurio in cui erano 31,cc0 di gas ossigene. Dopo dodici ore passate, lasciando la campana nell' oscurità, il volume del gas era di 37,cc0, e colla potassa si ridusse a 26,cc5. Uno stesso numero di bache eguali fu tenuto per quattr' ore al sole in 30,cc di aria atmosferica in una campana rovesciata sul mercurio; finita l' esperienza l' aria conteneva 12,86 di ossigene per cento. Le bache di cipresso assorbivano dunque l' ossigene tanto alla luce quanto nell' oscurità.

Avevo da quattro mesi delle foglie di acacia in una soluzione contenente $^1/_{2000}$ di cloruro di zinco: le foglie erano verdi e col loro odore come se fossero state staccate dalla pianta al momento e trattandole coll' alcool se ne aveva la solita sostanza colorante verde. Messe queste fo-

glie nell' acqua acidulata con acido carbonico ed esposte al sole non ebbi gas.

Ho raccolti dei licheni verdi che vegetavano sopra il fusto di un pioppo. Anche da questi coll' alcool si ottiene una sostanza verde che sembra quella stessa delle foglie. Questi licheni furono al sole in acqua acidulata senza dar gas. Tenni pure di questi licheni nell' ossigene in una campana rovesciata sul mercurio per dodici ore, e trovai al mattino che si era prodotto dell' acido carbonico nella proporzione di $^1/_{40}$ circa del volume del gas usato: finalmente tenni alcuni di questi stessi licheni al sole nell' aria di una campana rovesciata sul mercurio, e dopo molte ore la composizione dell' aria non aveva variato.

Ho visto sempre che tutte le foglie, che erano staccate la sera e tenute nell' acqua la notte, allorchè al mattino si ponevano nell' acqua acidulata al solito al sole, ingiallivano costantemente e producevano molto meno ossigene di altre foglie che erano state lasciate all' aria durante la notte.

Operando sopra foglie di diverse piante, di pesco, di lauro ceraso, di fragole etc. ho trovato che mettendo in circostanze esattamente uguali, e in bocce separate, le metà di queste foglie dalla parte del gambo, e le altre metà della punta, la quantità del gas che si aveva esponendole al sole nell' acqua acidula era minore per le prime di quello che con le seconde.

È necessario che i pesi di queste parti delle foglie sieno gli stessi. Dalle punte delle foglie del pesco ebbi 52c di *m g*, contenenti 37,6 d' ossigene per cento, mentre dalla base avevo 40,cc5 di *m g*, che conteneva 39,3 d' ossigene per 100. Dalle punte delle foglie di lauro ceraso ebbi 21cc di *m g* in cui erano 36,6 parti d' ossigene per 100; dalla base delle foglie avevo 13 di *m g*, in cui erano 37,3 d' ossigene per 100.

A questo proposito noterò che l' odore di acido prus-

sico proprio delle foglie di lauro ceraso e di pesco è assai distinto in quella metà della foglia, che è unita al gambo, mentre nell' altra parte è appena sensibile.

Ricorderò ancora alcune osservazioni del Senebier, della cui esattezza mi sono più volte assicurato. L' azione della sostanza verde delle foglie sotto la luce solare, tutte le altre circostanze essendo uguali, non si trova proporzionale alla superficie delle foglie stesse. Le foglie sottili e giovani sono in generale quelle che decompongono meno d' acido carbonico.

Quantunque da molte esperienze sia dimostrato che l' apparizione della sostanza verde nei vegetabili e la decomposizione dell' acido carbonico sotto la luce solare, sono due circostanze che vanno sempre riunite, non esiste fatto che provi qual' è delle due, quella che precede l' altra costantemente.

Quando cessa l' azione solare sopra una foglia, *p e* ricoprendola con una lamina metallica, non tarda la sostanza verde ad ingiallire. Tutte le piante etiolate non tosto sono esposte alla luce che si fanno verdi, e contemporaneamente prendono a decomporre l' acido carbonico; infine, la soluzione verde nell' alcool, ottenuta trattando le foglie, ingallisce alla luce solare; ed è per questa stessa azione che anche staccate dall' albero le foglie ingialliscono.

Dai fatti esposti in questa prima parte mi sembra di poter concludere: 1.° che vi sono casi nei quali la sostanza verde non è atta a scomporre l' acido carbonico sotto la luce solare; 2.° che tutto ciò che altera la struttura della foglia, altera pure grandemente la loro azione sull' acido carbonico alla luce, e quella che hanno sull' ossigene nell' oscurità; 3.° togliendo l' aria che è naturalmente contenuta nella foglia si modifica la loro azione sull' acido carbonico sotto la luce solare; 4.° che deve ammettersi, che l' azoto che le foglie emettono insieme all' ossigene allorchè respirano nell' acqua acidulata sotto

la luce solare, non può spiegarsi coll' azoto dell' aria contenuta in queste foglie.

Nella seconda serie di esperienze che passo ad esporre, mi sono occupato a determinare la composizione dell' aria contenuta nelle foglie e nei fusti delle piante. Per ottenere l' aria contenuta nelle foglie usavo il metodo seguente. Sceglievo venti foglie per ogni pianta su cui volevo esperimentare, preferendo quelle che non hanno peli, poichè sarebbe stato impossibile di togliere tutta l' aria che vi aderiva. Ho perciò operato sulle foglie del *cornus sanguinea* del *limone* dell' *albicocco* dell' *ortensia* della *fragola* e dell' *agave americana*. È inutile quasi il dire che di quest' ultima pianta ne prendevo una sola foglia e la tagliavo in pezzetti. Le venti foglie occupavano un volume dai 70 a 80 centimetri cubici e venivano messe in una campana contenente all' incirca trecento centimetri cubici di acqua lungamente bollita, che rovesciavo sopra l' acqua di una capsula. È essenziale di togliere accuratamente l' aria che aderisce alle foglie, prima di introdurle nella campana. Ricopro la la campana coll' altra campana della macchina pneumatica, e fo il vuoto sino ad un pollice di pressione. Lascio l' esperienza per venti minuti, e allora ridono l' aria e finalmente coll' eudiometro di Volta analizzo il gas estratto. Ho cercato più volte di assicurarmi se malgrado la lunga ebullizione rimaneva aria disciolta nell' acqua, e a questo fine procedevo nella maniera descritta meno le foglie, e non ottenni mai che una piccola bolla di gas che era appena un ventesimo del gas ottenuto quando vi erano le foglie. Esporrò nel quadro qui sotto i resultati ottenuti paragonando la composizione dell' aria nelle foglie prese al mattino prima dell' alzarsi del sole, a quella ottenuta dalle foglie prese dopo otto o dieci ore di sole.

Nome delle piante	al mattino misc. gass.°		oss. per cento	al sole misc. gass.		oss per cento
Limone	5,cc2	«	11,80 .	12,cc1	«	5,60
Ortensia	9,3	«	13,70 .	5,4	«	5,40
Fragola	7,0	«	13,80 .	9,2	«	9,90
Cornus sanguinea	5,2	«	7,20 .	9,0	«	3,80
Albicocco.	9,4	«	16,38 .	8,4	«	9,80
Agave		«	16,60 .		«	20,60

Non figura nel quadro la quantità di miscuglio gassoso ottenuta dalla foglia di agave, perchè rinnovando più volte sulla stessa foglia l' operazione, si continuava ad ottenere sempre del gas. Ho provato più volte a ripetere una seconda volta sopra le stesse foglie l'estrazione dell'aria, ed ho trovato che per ottenere una quantità sufficiente di gas per fare l' analisi, conveniva agire con un vuoto maggiore e prolungare più lungamente la esperienza. Non starò qui a riferire i resultati di queste esperienze, giacchè credo sieno soggetti all' errore del mescolarsi all' aria delle foglie una certa quantità dell' aria disciolta nell' acqua. E difatti operando sulle diverse foglie nominate, l' agave eccettuato, si vede crescere nell' aria di seconda estrazione la proporzione dell' ossigene mentre che per l' agave è al contrario.

Dall' esame delle esperienze surriferite, se ne deve concludere: 1.° che la quantità di ossigene esistente nell' aria contenuta nel parenchima delle foglie, meno l' *agave* e forse tutte le piante grasse, è massima al mattino, e chè questa diminuisce sotto l' azione della luce solare. Si cercherebbe difficilmente l' interpretazione di questo fatto, dappoichè si ammette che l' ossigene si combini nella notte col carbonio delle foglie. Supponendo anche che tutto l' ossigene dell' acido carbonico formato nella notte e de-

composto al giorno, sia espirato dalle foglie, dovrebbe sempre rimaner l'aria colla stessa composizione. E la difficoltà ad intendere la differenza di composizione dell'aria da noi trovata è anche più grande se si osserva che la quantità di aria estratta dalle foglie sotto l'azione solare non è a circostanze uguali notabilmente diversa da quella che si ha dalle foglie prese al mattino; 2.° evidentemente una gran parte dell'azoto che si trova nell'aria espirata dalle foglie tenute al sole nell'acqua acidulata non proviene dall'aria delle foglie o dell'acqua. Noi già abbiamo citate le esperienze fatte con foglie vuotate di aria e messe nell'acqua bollita e indi acidulate. Ricorderemo di nuovo che da venti foglie di albicocco vuotate di aria e messe nell'acqua bollita e poscia acidulata, al sole hanno dato 72,^{cc}0 di mescuglio gassoso composti di 33,$^{c.c}$3 di ossigene, 38,^{cc}7 di azoto; 3.° dalle foglie di agave e probabilmente di tutte le piante grasse, si ha un aria che nel giorno contiene più ossigene di quello che nella notte. L'enorme quantità di acido carbonico di cui sono pregne queste foglie, in tutta la loro sostanza, è decomposta nel giorno, e una porzione dell'ossigene prodotto rimane nella foglia stessa.

Ho preso ad esaminare la composizione dell'aria nel fusto della canna (*Arundo*) a diverse altezze e nelle varie ore del giorno. Nel culmo della canna presa al mattino ho trovato in una esperienza 17,6 di ossigene per cento, in un altra 17,55. Prendendo la canna dopo molte ore di sole, trovai che l'aria del culmo conteneva in una esperienza 16, di ossigene per cento, in un altra questo stesso numero. La composizione dell'aria della canna nella parte media presa al mattino, è la seguente 19, di ossigene in una prima esperienza 18,$^{c.c}$1, in un altra, per cento. Presa la canna al sole i numeri corrispondenti furono 18,8 17,6.

L'ossigene dell'aria contenuta nel fusto della canna diminuisce sotto l'azione solare come per l'aria delle fo-

glie, è minore nel culmo che nel mezzo del fusto, ed è infatti nel culmo che abbonda la sostanza verde.

Quanto all' aria contenuta nel gambo della foglia della zucca i resultati sono diversi.

Ossigene per cento al mattino	*Ossigene per cento al sole*
19,00	22,50
18,50	22,60
17,60	24,40
18,70	23,20
19,00	24,40

Cresce per conseguenza la proporzione dell' ossigene sotto l' azione solare.

Per determinare la quantità di acido carbonico nell' aria di questi gambi di foglie di zucca, bastava di raccoglierla sotto il mercurio. Nell' aria ottenuta dai gambi presi al sole non rinvenni mai traccia di acido carbonico, mentre nell' aria del mattino vi ho trovato da quattro a sette per cento di questo gas. Questi ultimi risultamenti si accordano con quelli ottenuti da Calverd e Fernand e dedotti da un grandissimo numero di esperienze.

Mi rimane infine a descrivere le esperienze tentate onde verificare i risultati annunziati da Schultz. Si sa che questo distinto Fisiologo annunziava di aver provato che le foglie in contatto delle soluzioni acide, o dello zucchero, davano ossigene alla luce indipendentemente dalla presenza dell' acido carbonico.

Boussingault che ripetè alcune di queste esperienze non giunse alli stessi risultati, ma poichè la stagione in cui il celebre Chimico francese le aveva tentate non era più nel più forte dell' estate, restò generalmente il desiderio che le esperienze di Schultz fossero di nuovo ripetute; è questo che io ho cercato di fare nei mesi di Giugno, e Luglio di quest' anno che per l' intensità dell' azione solare sono stati assai notevoli.

È impossibile a prevedersi quanto moltiplicate e minute devono essere le cure onde giungere a dei resultati esenti di ogni errore.

La proporzione d' acido sia vegetabile o minerale che ho adoperato nelle soluzioni, è stata di necessità minore di quella usata da Schultz. Infatti con quest' ultima le foglie s' ingiallivano all' istante sotto l' azione solare. Ho adoperato invece da $^1/_{800}$ a $^4/_{1000}$ d' acido.

Con soluzioni così fatte di acido solforico, ossalico, citrico, tartrico, ec. e usando delle foglie d' albicocco, di vite, di pesco, di rosa, di limone, di ortensia ec. non si ottiene mai sotto l' azione solare un gas in cui l' ossigene si trovi in una proporzione maggiore che nell' aria atmosferica, a condizione però che:

1.° Si adoperi l' acqua stillala e bollita, e che la distillazione di quest' acqua sia stata fatta in vasi ben puliti e soprattutto non contenenti sostanze organiche che possino aver fermentato;

2.° Che prima d' introdurre le foglie nella boccia in cui il gas deve raccogliersi, si lascino queste foglie in contatto della soluzione acida per un certo tempo e più volte venghino agitate e lavate nella soluzione.

Nel numero grandissimo di esperienze fatte per due mesi di seguito, mi sono incontrato varie volte nei risultati di Schultz, ma ho sempre trovato che aveva trascurato qualcuna delle suddette cure. O l' acqua non era stata distillata, o le foglie per non essere state lavate con scrupolo contenevano qualche traccia di terra e carbonati. Mi è accaduto una volta di avere dalle foglie una quantità abbondante di ossigene, e la sola circostanza a cui questo risultato poteva attribuirsi, era l' uso di un acqua che era stata distillata in un lambicco che serviva alla distillazione dello spirito e che non era stato ben lavato. E fortunatamente in quest' acqua distillata, an-

che senza l' aggiunta di acido, in contatto delle foglie s' ebbe l' eccesso dell' ossigene.

Onde evitare qualunque dubbio ho sempre fatte le esperienze di confronto colle soluzioni acide e coll' acqua distillata. Infine volendo togliere ogni dubbio di acido carbonico che si fosse potuto produrre o per l' azione degli acidi sopra i carbonati accidentalmente deposti sulle foglie, o realmente appartenenti alla sostanza delle foglie stesse, preferisco delle foglie acide, come quella della vite, dell' albicocco, o della rosa, oltre di che, messe queste foglie nella soluzione acida, le tengo per alcuni minuti nel vuoto della macchina pneumatica.

Quando tutte queste cure sono usate, l' aria che si ha dalle foglie tenute nelle soluzioni acide è spesso nulla, sempre pochissima e minore di quella che si ha dalla sola acqua stillata, e costantemente la proporzione dell' ossigene è minore che nell' aria atmosferica.

Le foglie delle piante grasse presentano un caso singolare che merita di essere descritto.

Ecco una delle moltissime esperienze tentate. Una foglia d' agave presa al mattino fu messa nell' acqua stillata con $^1/_{600}$ d' acido ossalico: dopo otto ore di sole trovai 22cc di gas che contenevano 49,6 di ossigene per 100. Una foglia simile fu messa nell' acqua stillata senz' acido, ed ebbi 23cc di gas che conteneva 48,5 d' ossigene per 100. In due altre esperienze simili ebbi all' incirca le stesse quantità di gas, e la proporzione dell' ossigene fu in una 50,4, e nell' altra 49,3. Evidentemente questi resultati sono indipendenti dalla presenza dell' acido ossalico e sono dovuti alla quantità abbondante di acido carbonico disciolto nella sostanza della foglia.

E difatti presi una foglia d' agave al cader del sole e dopo averla tenuta tutta la notte nell' idrogene, avendola prima per un certo tempo lasciata nel vuoto, la misi, parte nell' acqua stillata, parte nella stess' acqua coll' acido

ossalico. Dopo molte ore di sole ebbi da ambidue la stessa quantità di gas che fu 11cc,5, che conteneva 43,6 di ossigene per 100.

Per quanto fosse così diminuita la proporzione del gas, tentai un altra esperienza. Staccai alla sera due foglie simili di agave; posi una di queste foglie nell'oscurità, e l'altra la tenni nel vuoto per trenta minuti, poi nell' idrogene ed egualmente all'oscurità. Ambedue le foglie rimasero per tre giorni in questo stato pescando con la base nell' acqua. La foglia lasciata nell' idrogene fu in questo tempo per due volte portata nel vuoto e indi rimessa nell' idrogene. Le due foglie furono infine messe al sole parte nell' acqua bollita, parte nell'acqua con acido ossalico. Le quantità di gas ottenute e la loro composizione furono le stesse sia coll' acqua acida, sia coll' acqua pura. Le differenze trovate fra le due foglie furono le seguenti: la foglia lasciata intatta dette 45cc di gas che conteneva 36,3 d' ossigene per 100, mentre l' altra foglia che era stata nell' idrogene non mi dette che 5cc,4 di gas contenente 13,8 d' ossigene per 100.

Vedesi da queste esperienze, d' accordo con quelle del celebre Saussure, con quanta tenacità è ritenuta l' abbondante quantità d' acido carbonico esistente nelle foglie delle sostanze grasse.

Mi rimane per ultimo a parlare dei resultati ottenuti coll' acqua zuccherata.

Adoperando tutte le foglie citate nelle soluzioni di zucchero formate da circa un oncia di zucchero in mille duecento centimetri cubici d' acqua distillata si ottiene per l' esposizione al sole un gas in cui la proporzione dell' ossigene eccede quella dell' aria. Non stò qui a riferire tutte le mie esperienze che provano questa conclusione; bensì mi affretto a dire che esse non provano che le foglie decomponghino lo zucchero sotto l' azione solare, e svolgano così ossigene.

Ecco l' esperienza che dà la spiegazione degli effetti ottenuti dalla soluzione di zucchero.

Prendo acqua stillata ben bollita e dopo avere introdotto le foglie in contatto di questo liquido v' aggiungo lo zucchero e metto la boccia sotto la campana della macchina pneumatica, e fo il vuoto il più forte possibile; in fine rovescio la boccia sul mercurio. Così operando non ottenni mai ossigene in questa esperienza; basta invece per ottenere dell' ossigene dalle foglie nella soluzione di zucchero, di non usare acqua perfettamente bollita e di lasciare il contatto dell' aria sul liquido. Vedesi facilmente da ciò che la fermentazione alcoolica si stabilisce in questo caso, dalla quale è prodotto l'acido carbonico e quindi l' ossigene.

Pisa 15 Luglio 1846.

—

Analisi di tre memorie

Pubblicate ultimamente dal FARADAY *intorno alle azioni delle calamite e delle correnti elettriche sulla luce polarizzata e sulla massima parte dei corpi ponderabili,*

del Prof. MACEDONIO MELLONI.

PARTE PRIMA

Il nome di Faraday, già illustre nella scienza, risonò di recente a proposito d' alcune brillanti scoperte intorno alle azioni delle calamite e delle correnti elettriche sulla luce e sulla massima parte dei corpi solidi e liquidi che compongono il globo terrestre. L' estratto d' una lezione fatta all' *Istituzione Reale* di Londra, e certe lettere e comunicazioni Accademiche furono sino a questi ultimi giorni i soli mezzi che recarono tali scoperte a no-

stra cognizione: e siffatte notizie erano troppo compendiose ed incomplete per somministrare idee chiare e precise sulle sperienze e sulle conclusioni dell'autore. Ma ora che, per nostra buona ventura, la *Società Reale* di Londra ha fatto stampare e distribuire, con bell'esempio di sollecitudine, le memorie originali del Faraday nella prima parte delle sue *Transazioni filosofiche* per l'anno corrente, e che a noi pure è pervenuto un esemplare di questo importantissimo lavoro, procureremo di darne un sunto ragionato ai nostri lettori (1).

(1) Per intendere pienamente le materie trattate in quest'articolo è d'uopo conoscere l'elettro-magnetismo e l'ottica: i principii che vi si suppongono noti al lettore sono tuttavia elementarissimi, e si riducono a quelle sole generalità, che rimangono impresse per tutta la vita nella mente di chiunque abbia compito un buon corso di studj.

Oggi, ove tanto si parla e tanto si scrive intorno ai telegrafi elettrici, sembra quasi del tutto superfluo il riepilogare i fatti fondamentali che risguardano le correnti elettriche, essendo ben noto

1. Che queste correnti si producono mediante la *pila o elettromotore*, maraviglioso strumento inventato da Volta e successivamente modificato da Wollaston, da Grove, da Bunsen, ecc., la cui forza o energia dipende dal numero delle alternative e dalla natura dei due metalli che vi sono impiegati, come pure dalla qualità de' liquidi interposti, e dalla estensione delle superficie:

2. Che per mettersi in corrente il fluido elettrico deve uscire per una delle estremità o *poli* di esse pile, entrare in un filo metallico, la cui lunghezza può variare tra pochi pollici e molte migliaia di piedi, ritornare per lo stesso filo, od altro analogo conduttore, al secondo polo della pila, chiudendo così il *circuito elettrico*:

3. Che la corrente stabilita nel conduttore opera a distanza sull'ago magnetico e lo spinge fuori della sua natural posizione d'equilibrio di un angolo più o meno grande secondo l'energia della pila dond' essa trae la propria origine

4. Che avvolto un filo di rame vestito di cotone o di seta intorno alle due porzioni estreme d'una spranga di ferro dolce di qualunque forma o figura, formando così due spirali o eliche più o meno raddoppiate comunicanti fra di loro e dirette per lo stesso verso, il ferro acquista sotto l'azione della corrente elettrica tutte le proprietà delle calamite; le quali proprietà possono recarsi ad un grado di energia superiore di molto alla forza delle calamite naturali, o artificiali, mediante l'impiego di una buona pila e di certe date grossezze e lunghezze del filo di rame.

Gli scritti del Faraday intorno ai fenomeni sopradetti sono tre, e dividonsi naturalmente in due parti ben distinte: la prima tratta dell'influenza delle forze magnetiche ed elettriche sulla luce: la seconda s'aggira intorno all'azione che le medesime forze esercitano sui corpi ponderabili.

Questo articolo abbraccerà soltanto la prima parte, che Faraday accenna sotto il titolo di *Magnetizzazione della luce ed illuminazione delle linee di forza magnetica*, e suddivide in tre sezioni, cioè: *Azione delle calamite sulla*

5. E che, da ultimo, questi strumenti composti di ferro e circondati di filo di rame diconsi *elettro-magneti*, o *calamite temporarie*, perchè suscettivi di acquistare o perdere la loro attività ad arbitrio dello sperimentatore, col solo stabilire o interrompere il circuito elettrico.

Relativamente poi alle cognizioni d'ottica necessarie per l'intelligenza del testo, tutti sanno

1. Che un raggio di luce *ordinaria*, essendo omogeneo, presenta le medesime proprietà in tutti i punti della sua periferia, e incontrando una qualunque lamina di un corpo diafano perpendicolarmente alla superficie, traversa costantemente la detta lamina, qualunque sia la sua posizione per rispetto ad un piano condotto arbitrariamente per l'asse del raggio lucido:

2. Che un raggio di luce *polarizzata*, per lo contrario, manca di omogeneità, *è dotato di lati distinti* e trasmesso o intercettato secondo la disposizione di certe lamine cristallizzate relativamente ad uno de' loro lati:

3. Che infine per rendere polarizzato il raggio ordinario di luce basta far passare questo raggio a traverso alcuni corpi cristallizzati, o farlo riflettere sotto certi angoli da certe sostanze levigate, o trasmetterlo a trasverso una serie di lamine obbliqne di vetro od altro corpo trasparente:

Per distinguer poi se un raggio è polarizzato, il lettore ricorda certamente che s'impiegano quegli stessi mezzi i quali servono a polarizzarlo. Ma per non uscire del caso particolare dianzi indicato, il solo di cui Faraday si sia servito, basta rammentare che lo spato d'Islanda, cristallo doppiamente rifrangente, può ridursi a dare un immagine sola essendo tagliato in una certa direzione a guisa d'alto e stretto prisma, e congiunto ad un'altro prisma perfettamente uguale di vetro; per modo da formare un parallelepipedo che si racchiude in un apposito tubetto. — Guardando a traverso l'estremità di questo tubo un dato raggio lucido e girando nello stesso tempo il tubo intorno all'asse senza smuoverlo dalla sua direzione, nessuna differenza apparisce nella energia

luce; Azione delle correnti elettriche sulla luce; e Considerazioni generali. Esaminiamole successivamente.

Azione delle calamite sulla luce.

L'autore comincia col ricordare alcune sue antiche sperienze sul detto argomento, le quali non riescirono, e dice essere finalmente pervenuto a *magnetizzare un raggio di luce* e ad *illuminare una linea di forza magnetica*. — Per linee di forza magnetica egli intende quelle azioni che

della luce trasmessa, qualora il raggio incidente si trovi allo *stato ordinario*; ma *polarizzato*, le alterazioni prodotte dalla rotazione intorno all' asse diventano tali, che ad ogni rivoluzione la luce manifestasi due volte con tutta la sua energia, e due volte sparisce compiutamente. Queste posizioni si trovano come situate in una croce rettangolare che dividerebbe longitudinalmente il tubo ed il parallelepipedo interno in quattro parti uguali: altrimenti, condotti per l' asse due piani per la detta croce, il raggio polarizzato si trasmette secondo uno di questi piani, ed è compiutamente intercettato nella direzione normale. La transizione dall' uno all' altro stato non si fa per salti, ma gradualmente: per modo che appena la *sezione buia* del tubo è passata, il campo della visione comincia a rischiararsi, ed il chiarore va man mano aumentando durante un arco di 90°, all' estremità del quale la luce acquista il massimo suo vigore. Seguitando la rotazione, l' illuminazione decresce nuovamente per gradi e sparisce dopo che il tubo ha descritto un altro arco di 90°; per aumentar poscia di nuovo e riprodurre i medesimi fenomeni nell' altra metà della circonferenza. — La sezione di massima oscurità immaginata entro il raggio di luce dicesi *piano di polarizzazione*.

Se non succede nessun cambiamento nella disposizione delle cose, le due sezioni normali della trasmission totale e della oscurità restano dirette verso gli stessi punti dello spazio; e se il tubo porta un indice perpendicolare all' asse e gira entro un circolo diviso ed invariabilmente fisso sopra un sostegno, questo indice segna ad ogni istante del suo moto rotatorio la distanza angolare al piano di polarizzazione del raggio lucido. Viceversa lasciato l' indice immobile sulla sezione di massima oscurità, se il raggio lucido viene a cambiare la posizione del suo piano di polarizzazione in virtù di qualche forza esterna, converrà spinger l' indice a destra o a sinistra per raggiungere di nuovo la sezione di massima oscurità, e l' arco descritto sarà la misura della rotazione sofferta dal piano di polarizzazione.

si esercitano secondo le così dette curve magnetiche passando tra i poli delle calamite o formando de' cerchi concentrici intorno alle correnti elettriche. Descrive poscia l'esperienza fondamentale consistente a trasmettere un raggio di luce polarizzata a traverso un corpo diafano ed a riceverlo lungo l'asse di un analizzatore di Nicol voltato per modo da produrre l'oscurità. Accanto al corpo diafano, nella direzione del raggio lucido, stanno i due poli di una poderosissima calamita temporaria conformata a guisa di ferro da cavallo. Nel momento in cui si fa passare la corrente elettrica, un po' di luce traversa l'analizzatore. Questo fenomeno deriva da una certa rotazione comunicata dall'azione dell'Elettromagnete al piano di polarizzazione del raggio lucido: e difatti basta voltare di alcuni gradi l'analizzatore per ottenere di bel nuovo l'o-

Ora certe sostanze diafane interposte sul passaggio della luce polarizzata hanno appunto la proprietà di far percorrere un argolo più o men grande al suo piano di polarizzazione; tali sono l'essenza di trementina, le soluzioni di zucchero, d'acido tartrico, de' tartrati ec. Siffatte sostanze diconsi dotate della *rotazione* o *proprietà rotatoria*: uno de' loro caratteri distintivi si è che l'azione da esse esercitata sul raggio lucido *rimane invariabile sotto qualunque distanza o disposizione relativa delle loro molecole* quando resta uguale la natura e la grossezza dello strato interposto.

Altri corpi diafani, e segnatamente quelli che posseggono la doppia rifrazione, interposti sul passaggio di un raggio lucido polarizzato alterano essi pure la proporzione di luce trasmessa all'occhio dell'osservatore, ma *disugualmente nelle varie direzioni di una data sezione* e posseggono anzi due di queste sezioni normali tra di loro e *compiutamente inattive*. Ciò basta per distinguere questi corpi dalle sostanze dotate della proprietà rotatoria.

L'apparecchio dianzi descritto, mediante il quale si conosce l'angolo percorso dal piano di polarizzazione del raggio lucido per l'influenza di alcuni mezzi fu inventato da Nicol e dicesi pertanto *prisma* o *analizzatore* di Nicol; *prisma*, perchè composto di spato d'Islanda e di vetro congiunti insieme a guisa di forma prismatica; *analizzatore*, perchè serve a distinguere la luce ordinaria dalla luce polarizzata, e a determinare le vicissitudini, che soffre, per l'azione de' corpi, un raggio lucido ridotto in quest'ultimo stato.

scurità primitiva: la quale oscurità si riproduce anche, come ben s'intende, lasciando l'analizzatore immobile e sospendendo il passaggio della corrente elettrica. La pila adoperata dal Faraday consiste in cinque coppie di Grove, e l'Elettromagnete ha tanta forza da sostenere intorno ad un centinaio di libbre. Rovesciando i fili che mettono in comunicazione la pila coll'Elettromagnete, surrogando cioè l'uno all'altro polo della calamita temporaria, si rovescia pure la rotazione del piano di polarizzazione del raggio trasmesso. — Fenomeni del tutto analoghi si ottengono colle calamite ordinarie ed anche con un solo polo magnetico, ma più debolmente. — Se le linee di forza magnetica sono perpendicolari al raggio lucido, come nel caso ove l'Elettromagnete abbraccia il corpo diafano, l'effetto è nullo. Ognuno intende che l'azione deve crescere necessariamente, non solo colla potenza e col numero delle calamite impiegate, ma anche colla estensione della sostanza diafana traversata dal raggio lucido. — Se questa sostanza, la quale vien detta dall'autore *diamagnetica*, possiede naturalmente la proprietà di far girare il raggio polarizzato a destra o a sinistra dell'osservatore, come l'essenza di trementina o una soluzione di zucchero, la forza magnetica aumenta o diminuisce questa rotazione naturale, secondo la posizione del corpo per rispetto ai poli della calamita. — L'energia dell'azione non diminuisce interponendo tra la calamita ed il corpo diamagnetico una lamina di vetro, di legno, di rame, o d'altra materia priva della virtù magnetica: e resta pure intatta producendo una qualunque agitazione nella massa o nelle molecole del mezzo traversato dal raggio lucido. — Egli è poi facile il dimostrare che il mezzo non patisce nessuna dilatazione durante il fenomeno, adoperando un liquido contenuto in apposito recipiente.

Questa proprieta di alterare la posizione del piano di polarizzazione che acquista un corpo limpido e trasparente sotto l'azione della forza magnetica, ha sempre luogo

nel medesimo verso — il piano di polarizzazione percorre un angolo più o men grande, ma sempre diretto a destra della linea che parte dal polo nord della calamita e cammina verso il polo sud. — La rotazione mostrasi indifferentemente ne' solidi e ne' liquidi, negli acidi, negli alcali, nell'olio, nell'acqua, nell'alcool, nell'etere; ed è perciò indipendente dalla qualità del corpo; ma varia talmente colla sua natura, che alcuni mezzi diafani la posseggono sufficientemente intensa per rendersi manifesta con apparecchi magnateci, vigorosi sì, ma non eccessivi; ed altri non ne hanno sinora offerto il menomo vestigio sotto l'azione combinata delle più possenti calamite.

Faraday non dubita punto che gli stessi fenomeni di rotazione non si producano sui raggi chimici e calorifici; e crede che presto o tardi si debbano scoprire azioni analoghe sulla luce ordinaria.

Aggiungiamo qui la nota dei mezzi efficaci, e la nota di quelli che si mostrano ribelli al fenomeno.

Mezzi efficaci. Vetro *pesante* ossia silico-borato di piombo, borato di piombo, flintglass, crownglass, salgemma, spatofluore (queste due ultime sostanze *cristallizzate* in debolissimo grado) e forse l'allume. Acqua, alcool, etere, tutti gli oli fissi compreso quello di mandorle dolci, l'elaina, l'olio di castoro, di resina, d'ulive, di lino: l'essenza di trementina, di mandorle amare, di lavanda, di gelsomino, di garofani, di lauro: le nafte di varia qualità, lo spermaceti liquido, il solfo fuso, i cloruri di solfo, d'arsenico e simili. L'autore provò più di 150 soluzioni acquee ed alcooliche d'acidi, di sali, di zucchero, di gomme ec. che tutte mostraronsi attive; ma qui forse il liquido era il principal mezzo efficace.

Mezzi inefficaci. Questi mezzi possono dividersi in due classi: la prima comprende il vacuo ed i fluidi aeriformi: la seconda *i corpi cristallizzati*, meno le poche eccezioni sopraccennate. Le sostanze comprese nella prima classe non hanno offerto all'autore nessuna azione sensibile qualun-

que fosse la loro natura, tanto pei vapori quanto pei gas, che si presero a diversi gradi di condensazione, e rimasero sempre inefficaci come uno spazio vuoto. Quanto alla seconda classe, l'autore riflette che il salgemma e lo spato fluore, *soli cristalli efficaci* sinora osservati, sono equiassici e dotati della rifrazione semplice: tutte le altre sostanze cristallizzate inefficaci, sottoposte all' esperienza, lo spato d' Islanda, il solfato di calce, il solfato di barite, e il carbonato di soda ec. sono ad assi ineguali, e posseggono la doppia refrazione. Questo fatto, dice l' autore, e la rotazione naturale delle lamine di quarzo tagliate perpendicolarmente all' asse, sembrano già accennare una certa relazione tra il magnetismo e le forze di cristallizzazione.

Azione delle correnti elettriche sulla luce.

Per queste sperienze Faraday ha impiegato tre eliche: la prima di una lunghezza eguale a 48 pollici, composta con un filo di rame vestito di seta grosso poll. 0,03 e lungo 1240 piedi, la seconda di una lunghezza eguale a 19 pollici, formata con un filo grosso 0,2 di pollice, e lungo 80 piedi, la terza di una lunghezza eguale a 27 pollici, composta d' un filo grosso 0,17 di pollice e lungo 501 piedi. Facendole percorrere dalla stessa corrente, la terza operava possentemente sull' ago magnetico, la seconda un pò meno, la prima debolmente. — I corpi trasparenti, solidi o liquidi, s' introducevano nell' interno di queste eliche sotto forma cilindrica o prismatica, o contenuti entro tubi di vetro: le estremità delle eliche erano quindi poste in comunicazione con una pila composta di dieci coppie di Grove, ed il raggio luminoso polarizzato trasmesso pel mezzo diafano indicava, come nelle precedenti sperienze, una certa deviazione del suo piano di polarizzazione. In questo caso, soggiunge Faraday, possiam dire che *un raggio di luce è elettrizzato, e le forze elettriche illuminate.*

La rotazione del piano di polarizzazione ha luogo dall' uno o dall' altro lato secondo il verso in cui si muove la corrente elettrica entro la spirale. — Semplicissima è la relazione tra questi due elementi — poichè l' *elettricità positiva ed il piano di polarizzazione del raggio lucido girano tutti e due nella medesima direzione.* — L' effetto sembra proporzionale alla estensione del mezzo diafano traversato dalla luce, ed eguale in ogni punto dell' elica; per modo che l' esperienza riesce tanto più chiara e manifesta quanto più grande si è la lunghezza dell' elica e del mezzo diafano da essa abbracciato. — Operando con tubi più stretti del vano dell' elica, o facendo passare il raggio lucido nelle porzioni più o men lontane dall' asse della colonna liquida ordinaria, non si trovò nessuna differenza nell' azione prodotta quando il tubo o il raggio stavano sull' asse o vicino ai tubi dell' elica. — L' esperienza fu ripetuta con una semplice spirale di metallo nudo pescante in un ampio tubo pieno d' acqua, e disposta per modo che il raggio luminoso potesse vedersi dentro e fuori dell'elica. Quando la corrente elettrica fu stabilita, si vide bensì la rotazione del piano di polarizzazione prodursi in tutti i punti dello spazio interno, ma esternamente nò; sicchè intorno alla spirale non si ottenne nessuna azione sensibile. — Qui, come nel caso dell' elettromagnete, la qualità del tubo interposto si mostrò indifferente; e Faraday potè sostituire ai tubi di vetro, dei tubi di metallo, o di qualunque altra sostanza, senza che il fenomeno si mostrasse perciò menomamente alterato.

Le mille sperienze dell' elettrodinamica mostravano già sufficientemente che le attrazioni e le ripulsioni de' corpi magnetici o calamitati, tanto misteriose pei nostri antenati, derivano dalla somma delle azioni de' vortici o movimenti elettrici circolari esistenti intorno alle molecole delle calamite perpendicolarmente all' asse che congiunge i due poli. Ora l' azione sulla luce polarizzata, ottenuta tanto colle

calamite quanto colle correnti elettriche, aggiunge un nuovo e valido argomento a favore di questa teorica.

Una spranga di ferro posta nell' interno dell' elica accanto al tubo pieno d' acqua non introdusse nessuna modificazione notabile nel fenomeno. Entro un tubo di ferro l' acqua sembrò agire più possentemente sul raggio lucido: l' accrescimento d' azione continuò a mostrarsi aumentando la grossezza delle pareti; ma passato $^1/_4$ di pollice la massa del ferro diventava nociva, e diminuiva pertanto l' energia della forza rotatoria. Questa influenza della massa era facile a prevedersi per le leggi note dell' elettro magnetismo.

Per quanto si rendessero cospiranti tutte le forze disponibili delle correnti elettriche, non fu mai possibile trovare nessun vestigio di rotazione quando il raggio lucido traversava un tubo vuoto, pieno d' aria, o di qualunque altro fluido elastico sotto qualunque grado di pressione e densità.

In tutte queste sperienze bisogna evitare il riscaldamento dei tubi tenendoli ad una certa distanza dai fili che compongono le spirali; perchè il liquido riscaldato diversamente nel contorno e nel centro produce sul fascetto lucido trasmesso degli effetti di concentrazione analoghi a quelli delle lenti. — Quanto ai corpi solidi bisogna che siano omogenei, stemperati, senz' azione sulla luce polarizzata; o almeno bisogna aver cura di far passare il raggio di luce secondo le direzioni inattive; come si pratica sempre nel caso delle lamine o prismi cristallizzati.

Le sostanze diamagnetiche le più energiche sono state fortemente elettrizzate, tanto per tensione, quanto per corrente, combinando questi due stati elettrici in varie guise, senza che siffatte azioni elettriche comunicate a tutta la massa del corpo abbiano mai prodotto nessun effetto sensibile sul raggio lucido.

Fra questa e l'ultima sezione della sua memoria Faraday espone sotto forma di tabella alcune sue misure numeriche delle rotazioni prodotte artificialmente ne' corpi per l'azione dell'elettromagnete paragonate colla rotazione naturale dell'olio di trementina. Egli non pretende che queste misure siano rigorose, e crede anzi che verranno modificate dalle ricerche ulteriori. Noi le daremo pertanto sotto le medesime riserve, osservando solamente che l'autore poteva bensì tacere, come tacque infatti, le minute particolarità dei confronti stabiliti, ma non doveva certo omettere le descrizioni precise dell'elettromagnete, e della pila impiegata a metterlo in attività. E veramente, ognuno intende che se la rotazione naturale dell'olio di trementina manifesta costante lo stesso valore, sotto una data densità o temperatura, la rotazione artificiale di qualunque corpo diamagnetico varia colla forza magnetica impiegata, e dipende anzi totalmente da questa forza. Per esserne convinti basta considerare che tutte le rotazioni artificiali si ridurrebbero sensibilmente a zero adoperando un elettro magnete sufficientemente debole e fiacco. Ora se l'energia dello strumento è ignota, la precisione numerica diventa illusoria; almeno, quanto allo scopo enunciato del paragone tra le due specie di rotazioni. — Ad ogni modo ecco la tabella:

Olio di trementina	11,8	Acqua	1
Vetro pesante . . .	6	Alcool meno dell'acqua.	
		Etere meno dell'alcool.	
Flintglass	2,8.		
Salgemma	2,2		

Il confronto tra la rotazione naturale e l'artificiale potrebbe dar luogo a certe idee di parità che l'autore ha cura di combattere con alcune considerazioni inserite alla fine della sua memoria. — L'ordine naturale dell'e-

sposizione ci sembra esigere che siffatte considerazioni vengano in seguito de' tentativi fatti per esprimere numericamente il suddetto confronto. — E però le riferiremo in questo luogo, cercando di ridurle alla massima loro semplicità.

A primo aspetto si direbbe che le due azioni sono identiche: ma considerate più attentamente, esse trovansi di una indole affatto diversa. Nella *rotazione naturale* il fenomeno si produce costantemente, per ogni caso particolare, secondo l'una o l'altra delle due opposte direzioni. Nella *rotazione artificiale* il movimento succede sullo stesso corpo, ora a destra, ora a sinistra, secondo la posizione che il corpo occupa relativamente ai poli della calamita: di più, in questo fenomeno la rotazione varia bensì nella quantità passando dall'una all'altra sostanza, come nel caso della rotazione naturale, ma non mai nella qualità, mostrandosi per una data posizione della calamita diretta costantemente per lo stesso verso, qualunque sia il corpo diamagnetico.

Supponiamo un tubo orizzontale pieno di una soluzione saccarina e traversato in tutta la sua lunghezza da un raggio di luce polarizzata. Si faccia penetrare il raggio or dall'una or dall'altra estremità: la rotazione naturale avrà sempre luogo per lo stesso verso, per esempio, a destra dell'osservatore. Ma si ripetano le medesime osservazioni alterne sopra un corpo diamagnetico sottoposto all'azione della calamita o della corrente elettrica: se la rotazione artificiale succede a destra guardando da una delle estremità del tubo, essa diverrà sinistra quando si osserverà il raggio della estremità opposta; per cui, se il detto corpo diamagnetico possiede naturalmente la proprietà di far girare il piano di polarizzazione, a sinistra per esempio, questa proprietà sarà diminuita nel primo caso ed aumentata nel secondo; e qualora s'intervertisse la corrente elettrica o si rovesciassero i poli della calamita, lasciando tutto il rimanente nelle medesime condi-

zioni, si vedrebbe la diminuzione convertirsi in aumento, o viceversa.

Riassumendo brevemente queste differenze tra le due rotazioni si vede, che fatto penetrare successivamente il raggio lucido polarizzato dalle due estremità del tubo, la rotazione naturale si fa sempre per lo stesso verso rispetto all' osservatore, e l' artificiale nelle due opposte direzioni.

Quantunque tali caratteri sembrino accennare una differenza radicale, è probabile che ambe le rotazioni si riconosceranno più tardi quali modificazioni di uno stesso fenomeno. Essi ci forniscono intanto nuovi mezzi onde indagare sempre più profondamente le forze e la costituzione della materia.

Considerazioni generali.

Studiando attentamente i corpi diamagnetici in presenza delle calamite e delle correnti di elettricità, Faraday ha potuto convincersi ch' essi non presentano nessun vestigio d' induzione elettrica istantanea o permanente: la condizione molecolare di questi corpi sotto il dominio delle prefate forze deve dunque provenire da una *nuova azione magnetica* e distinguersi accuratamente da quella del ferro magnetizzato. Ora l' istantaneo ritorno allo stato normale al rimuoversi della forza esterna sembra indicare che l' effetto da essa prodotto sulla costituzione del corpo diamagnetico sia uno *stato di tensione*. — Questo stato è forse una tensione elettrica *tendente alla corrente*, dice Faraday, dove che lo stato delle calamite, secondo la teorica d' Ampère, consiste nelle *correnti attive*. Quando una spranga di ferro è introdotta in un' elica percorsa da una corrente elettrica, tutto c' induce a credere che vi s' ingenerano delle correnti della medesima natura rotanti secondo un piano perpendicolare all' asse dell' elica. — Ora i corpi diafani o diamagnetici posti nella medesi-

ma situazione acquistano la proprietà di far rotar la luce nello stesso piano. — Finalmente se si riscalda in presenza della calamita o delle correnti elettriche una spranghetta di ferro a segno di renderla incandescente, essa perde, com'è noto, la virtù magnetica; donde pare doversi arguire che cessate, in tale stato del ferro, le condizioni necessarie alla produzione delle correnti elettriche, non resta più nelle sue molecole che la *tendenza a questo stato*, come nel caso del vetro pesante e dell'acqua.

Ma indipendentemente da queste ipotesi, i fenomeni ottici prodotti dalle calamite e dalle correnti elettriche dimostrerebbero secondo Faraday *una vera relazione diretta tra la luce e le forze magnetiche*; e verrebbero pertanto ad aggiugnere un fatto importantissimo alle considerazioni che tendono a provare tutte le forze naturali essere collegate tra di loro, ed avere un'origine comune. « La gran potenza manifestata da fenomeni particolari in « forme particolari, dic'egli, è qui riconosciuta e iden- « tificata mediante la relazione diretta della sua forma di « luce colla sua forma di elettricità e di magnetismo ».

E appresso: « Le forze magnetiche non operano diret- « tamente sul raggio lucido, ma per mezzo della sostan- « za in cui esse ed il raggio esistono simultaneamente: « la sostanza e le forze comunicando o ricevendo reci- « procamente il potere di operar sulla luce. Ciò risulta « dalla inattività del vacuo, dell'aria, e dei gas; ed an- « che dal grado speciale in cui i diversi corpi posseggo- « no la proprietà in quistione. Siccome poi la forza ma- « gnetica produce sempre un'azione della medesima indo- « le e diretta per lo stesso verso, qualunque sia la qua- « lità, lo stato, e la forza rotativa del mezzo diamagne- « tico, se ne deve inferire che la forza magnetica e la « luce hanno una relazione diretta, ma che le sostanze « sono necessarie; e perchè diversa è la loro azione, ne « segue che il magnetismo e la luce operano l'uno sul- « l'altra coll'intervento della materia ».

Faraday ammette che « le forze magnetiche ed elettri-
« che modificano la costituzione interna del corpo diafa-
« no tanto all'oscuro quanto nel caso ov'egli è traversa-
« to da un raggio di luce; quantunque il fenomeno otti-
« co manifestato sembri ora presentare l'unico mezzo di
« osservare questa costituzione ed il cambiamento soffer-
« to ». Egli ammette pure che « un cambiamento analo-
« go deve succedere nel legno, nelle pietre, ne' metalli
« ed altri corpi opachi sottoposti alle medesime forze:
« imperocchè, come sostanze diamagnetiche, non havvi
« nessuna differenza tra di loro ed i corpi diafani, ed a
« questo riguardo la trasparenza non è altro che un se-
« gno distintivo di alcuni individui di una classe ».

Queste citazioni mostrano il punto di vista sotto cui l'autore considera le conseguenze dei nuovi fatti da lui osservati. Supponendo un'azione immediata della forza magnetica sulla luce non potrebbe intendersi perchè il fenomeno dipenda dalla qualità del corpo e non possa aver luogo in certi mezzi, ed in uno spazio vuoto. Faraday ne conviene perfettamente, e soggiunge anzi che il cambiamento di costituzione molecolare sofferto dal corpo diamagnetico sotto l'azione delle calamite *deve succedere al buio* come nel caso ove il mezzo è rischiarato dal passaggio del raggio lucido polarizzato: principio che assunto per vero, sembra escludere sempre più l'azione *diretta* o immediata del magnetismo sulla luce. Ma, colpito dal vedere che la rotazione del raggio polarizzato succede costantemente per lo stesso verso in qualunque sostanza, egli si decide ad ammettere che *la luce è in relazione diretta colle forze elettriche e magnetiche*.

Con tutto il rispetto dovuto all'illustre autore, a noi non sembra che siffatta conclusione derivi dalle sue bellissime sperienze. Perchè un corpo, il quale trasmette un raggio lucido senza influire sulle sue fisiche proprietà, diventa capace di modificarlo in virtù di una forza esterna, non ne resulta certo una relazione diretta tra questa for-

za e la luce. — Il calore e la pressione modificano essi pure la costituzione molecolare del vetro comune dotato della rifrazione semplice ed incapace di alterare per trasmissione la costituzione della luce polarizzata. Queste due forze rendono, com'è noto, il vetro doppiamente rifrangente, e però atto ad operare sopra un raggio polarizzato di luce. Diremo noi pertanto che il calore e la pressione stanno in relazione diretta colla luce? E qualora si travedesse la probabilità di così fatta relazione tra luce e calore, potrebbe mai dirsi che una pressione meccanica operi sul raggio lucido, sia direttamente, sia coll'intervento della materia? Nò certamente, chè la prima espressione sarebbe falsa, e la seconda suscettiva d'indurre in errore. — Ma, per parlare colla dovuta chiarezza, cominceremo dall'escludere ogni idea d'azione tra le due forze, e diremo che siccome le proprietà ottiche di un corpo dipendono dalle sue condizioni molecolari, dallo stato solido e liquido, dalla cristallizzazione, dal suo raffreddarsi più o men lento, ed altre simili circostanze, così qualunque forza che tende a modificare queste condizioni molecolari può cambiare l'azione del corpo sulla luce; e che pertanto il vetro premuto o riscaldato, non essendo più nelle condizioni di prima, opera diversamente sul raggio lucido, sia ordinario, sia polarizzato. — Fenomeni del tutto analoghi succedono, a nostro giudizio, nelle sperienze del Faraday. — La forza magnetica induce una modificazione nelle molecole del corpo diafano, e queste modificate operano sulla luce trasmessa — ecco tutto. — Spinger oltre le conseguenze del fatto egli è entrare in un campo totalmente ipotetico. Che la rotazione del piano di polarizzazione succeda sempre per lo stesso verso in qualunque mezzo, ciò s'intende di leggieri, e sembra anzi una conseguenza necessaria dell'azione esercitata dalla medesima forza esterna sulla posizione delle molecole o dei gruppi molecolari che costituiscono il mezzo trasparente: sarebbe anzi da maravigliarsi se la cosa procedes-

se altrimenti, e non possiamo pertanto concedere che appunto da questo fatto derivi, come lo suppone Faraday, la conseguenza di un' azione diretta tra il magnetismo e la luce.

Per analoghi motivi crediamo doversi proscrivere le locuzioni, a nostro credere viziosissime, di *forza elettrica o magnetica illuminata*, *di raggio lucido elettrizzato o magnetizzato* adoperate dall' autore in vari luoghi del testo. Rispetto alla prima espressione Faraday dichiara in una nota, di non averla impiegata nel vero suo senso, ed aver voluto semplicemente annunziare l' illuminazione dello spazio occupato dalla forza, o dal raggio. — A noi pare tuttavia che ciò non basti per la giustificazione dell' autore. — Un fatto nuovo esige una voce nuova, o un nuovo significato d' un antica voce; ed in quest' ultimo caso nessun inconveniente può nascere dalla modificazione addotta, quando si procura di definirla colla dovuta precisione. Ma se il fatto scoperto riproduce unicamente per virtù d' altre cagioni un fenomeno già conosciuto, od una modificazione di questo fenomeno, è del tutto superfluo, anzi nocivo, l' alterare il senso usuale d' un vocabolo o di una frase: perchè allora l' innovazione introduce una inutile complicazione, atta soltanto ad ingannare chi non ha mezzi, tempo, o cognizioni sufficienti per procacciare, ponderare, o intendere le dilucidazioni dell' autore: come avvenne infatti nel nostro caso, ove il titolo di *Magnetizzazione della luce ed illuminazione delle linee di forza magnetica* echeggiando in mille giornali indusse la massima parte degli studiosi a credere che Faraday avesse veramente trovato il tanto cercato nesso tra l' agente che produce le irradiazioni lucide chimiche e calorifiche, e l' agente cui son dovuti i fenomeni elettrici e magnetici. — S' egli avesse intitolata la sua memoria *Rotazione del piano di polarizzazione di un raggio di luce entro i mezzi diafani sottoposti alla forza magnetica*, si sarebbero certamente scansati i disinganni, gli errori, e le male in-

terpretazioni; e la semplice lettura del titolo avrebbe destata un' idea chiara e precisa del fenomeno.

La critica di quest' ultima parte di un lavoro appartenente ad uno de' più sagaci ingegni dell' epoca presente era per noi grave e penosa. Ma l' altezza cui è salito meritamente il Faraday nella pubblica opinione esigeva si ponessero in evidenza que' punti delle sue dottrine che non sembrano sodamente stabiliti. Così avvertito il lettore procederà guardingo contro l' autorità del nome, nè potrà confondere l' importanza e la sicurezza de' fatti coll' incertezza di alcune argomentazioni; ed avrà tutti i dati necessari per valutare giustamente i nuovi elementi che arrecano alla scienza le nuove sperienze del celebre fisico inglese.

PARTE SECONDA

L' azione che le calamite e le correnti elettriche esercitano sui mezzi diafani si manifesta per via d' una modificazione impressa al raggio lucido polarizzato; e però le sostanze inette a trasmettere la luce non possono sottoporsi a siffatto genere di esperimenti. Non se ne deve tuttavia arguire che queste sostanze sfuggano all' impero delle forze magnetiche recate ad un alto grado di energia. Vedremo anzi la massima parte de' corpi, tanto opachi quanto trasparenti, assumere sotto l' azione di una poderosa calamita certi movimenti d' indole diversa, i quali hanno indotto Faraday a dividere la materia ponderabile in due grandi classi. La prima comprende il ferro e tutti i metalli così detti *magnetici*: l' altra, il vetro, i liquidi, il legno, il bismuto, l' antimonio, ed altri corpi dotati di una nuova affezione magnetica traveduta da Brugmans (1) ne' due metalli ora nominati, indicata più distintamente

(1) *Antonii Brugmans Magnetismus, seu de affinitatibus magneticis observationes magneticæ.* Lugd. Batav. 1778. §. 41.

da Lebaillif (1), Saigey (2), e Seebeck (3), ma definita chiaramente per la prima volta da Faraday, scoperta e studiata in un immenso numero di minerali, e talmente illustrata da queste sue ultime indagini, che a lui solo dobbiamo la conoscenza delle leggi fondamentali cui va soggetta la nuova forza magnetica, e la persuasione della somma loro importanza nella economia della natura. Per cui si vede qui rinnovato il caso di Watt e de' suoi predecessori. Leonardo da Vinci, Papino, Branca, il marchese di Worcester, Savery, Newcomen, e innanzi tutti Archimede, conobbero certamente prima di Watt che il vapor acqueo è atto a cacciar palle, a sollevar pesi, ed a produrre il vacuo. Ma chi negherà a questo illustre britanno la gloria di avere insegnato all' umanità l' uso e la potenza del vapore?

Per acquistare un' idea adeguata delle varie maniere d' azione magnetica è d' uopo conoscere in primo luogo i mezzi sperimentali destinati a porle in evidenza; e veder pertanto quali sono le disposizioni relative dell' elettromagnete e de' corpi sottoposti alla sua influenza.

Le calamite temporarie adoperate dal Faraday sono talora rettilinee, talora ripiegate a ferro di cavallo, ma sempre dotate di molta energia. La spranga di ferro dolce del principal suo elettromagnete curvilineo ha 3,poll.75 di diametro, 46,poll. di lunghezza, e la piegatura fatta per modo da lasciare una distanza di 6.poll. tra le due estremità 522: piedi di filo di rame grosso 0,poll.17 vestito con fettuccia di cotone stanno avvolti intorno alle due porzioni estreme della spranga formando due spirali

(1) *Lebaillif. Sur la répulsion des aiguilles aimantées par le bismuth, et l'antimoine.* Bulletin Universel 1827 vol. 7. p. 371, et vol. 8 pag. 87, 91, 97.

(2) *Saigey. Sur le magnetisme de certaines combinaisons naturelles du fer, et sur la répulsion mutuelle des corps en général.* Ibid. 1823. Vol. 9. pag. 89, 167, 239.

(3) *Seebeck. Sur la polarité magnetique de différents métaux, alliages, et oxides.* Ibid. 1828. vol. 9. pag. 173.

a tre giri lunghe 16.poll. per ciascheduna. La corrente circolante nel filo proviene da una pila di dieci coppie di Grove. Due spranghette di ferro dolce grosse 2,poll.5, e lunghe 7.poll. aderenti alla spranga principale, possono avvicinarsi a piacimento, e diminuire così la distanza dei sei pollici interposta tra i due poli della calamita.

Per sottopporre i corpi all' azione dell' elettro-magnete Faraday impiega lo stesso metodo di Dufay e Coulomb; egli introduce questi corpi in una specie di staffa di rame o di carta sostenuta da alcuni fili di seta o da un lungo e sottil filo d' argento, la cui estremità superiore è raccomandata ad un meccanismo atto a tener il corpo sospeso in qualunque posizione tra i due poli dell' elettromagnete. Un cilindro di vetro verticale, aperto alle due estremità, serve a riparare tutta la parte mobile del sistema dalle agitazioni dell' aria.

Prima di procedere alle sperienze è necessario accertarsi che, tanto i mezzi di sospensione, quanto i corpi sospesi, non posseggono azioni magnetiche analoghe a quella del ferro; e però tali sostanze devono mostrarsi indifferenti all' attrazione dell' uno, o dell' altro polo della calamita. Molte specie di carta sono attratte sensibilmente da questi poderosi elettromagneti, ora in tutta la massa, ora in certi punti particolari, come pure la ceralacca, il sughero, la gomma lacca, l' inchiostro della China, alcuni vetri colorati, la porcellana di Berlino, la gomma del baco da seta, la tormalina, la piombaggine, ed il carbone.

Faraday chiama linea di forza magnetica o *assiale*, quella che va dall' uno all' altro polo della calamita, ed *equatoriale* la normale condotta pel centro di questa linea.

I fatti da lui osservati sono distribuiti in due memorie e vari capitoli, che esamineremo successivamente nel medesimo ordine adottato dall' autore, facendo soltanto sparire la suddivisione delle due parti principali, la quale è tutta artificiale, estranea all' indole delle materie trattate, e derivante da sole ragioni di convenienza accademica.

Azione della calamita sul vetro pesante.

Un parallelepipedo di silico-borato di piombo grosso 0,poll.5 e lungo 2.poll. venne sospeso tra i due poli inerti dell' elettromagnete, per modo che il suo centro di sospensione trovavasi precisamente sulla intersezione delle due linee assiale ed equatoriale, e quindi abbandonato a sè medesimo fintantochè si fosse fermato nella posizione voluta dalla forza di torsione del filo. Compiuto l'elettromagnete mediante il contatto della pila, il parallelepipedo si mosse immediatamente, e dopo alcune oscillazioni si fissò secondo l' equatoriale: allontanato da questa posizione, vi tornò di bel nuovo oscillando. Per decidere se vi era, o nò, tendenza di una delle estremità del mobile a destra o a sinistra della linea di forza magnetica, Faraday lo capovolse, e trovò che egli oscillava di nuovo come prima intorno all' equatoriale: per cui la direzione nel piano di questa linea è la sola condizione necessaria a soddisfarsi, trovandosi al tutto indifferente la posizione speciale dell' una o dell' altra estremità. Una conseguenza immediata di questo fatto si è la possibilità d' invertere la circolazione della corrente elettrica nel filo, e di scambiare pertanto i poli della calamita temporaria senza che si manifesti, per virtù di questa inversione, nessun movimento nel parallelepipedo già diretto secondo l' equatoriale.

Quando prima di cominciare l' esperienza il parallelepipedo si pone ad arte in equilibrio sulla linea assiale mentre i poli sono inerti, l' introduzione della corrente nelle spirali non vale a smuoverlo: ma la menoma deviazione dalla detta linea basta per cacciarlo nella direzione perpendicolare. Vi sono pertanto due posizioni d'equilibrio: l' una stabile secondo l' equatoriale; l' altra instabile secondo la linea di forza magnetica.

Se il filo di sospensione non passa ad egual distanza dai due poli, ma assai più vicino all' uno di loro, il pa-

rallelepipedo si dirige come prima quando si stabilisce il contatto della pila; ma egli si scosta in pari tempo dal polo più vicino, producendo così nel filo di sospensione una obbliquità, la quale cessa colla circolazione della corrente nella calamita.

Il fenomeno si manifesta indistintamente sull' uno e sull' altro polo.

Se invece di avvicinare il filo di sospensione ad uno de' poli dell' elettromagnete, si mantiene ad egual distanza da ambedue, cioè sulla equatoriale, ma alquanto fuori del centro, allora si vede il parallelepipedo fuggire viemaggiormente la linea di forza magnetica quando l' elettrico circola nelle spirali, e ricadere nella prima posizione quando il passaggio della corrente è intercettato.

Questi movimenti di pura direzione, o di direzione congiunta ad un trasporto laterale, non esigono l' integrità del parallelepipedo: due o tre pezzi di vetro pesante posti l' uno accanto all' altro li producono ugualmente. Ma quando vogliasi studiare il solo trasporto laterale, riesce più comoda una pallina o un cubo della prefata sostanza. Allora il corpo sospeso fuori di centro non si dirige, ma s' allontana sempre dal polo più prossimo. Sicchè sospendendo due cubi di vetro pesante sulla linea di forza magnetica alquanto distanti tra di loro, i cubi *respinti* dai poli s' accostano come se fossero dotati di una mutua attrazione. Quando poi un cubo solo venga situato sull' equatoriale, e ad una certa distanza dal centro, esso se ne scosta viemaggiormente fuggendo la linea assiale e mantenendosi sempre sull' equatoriale, come nel caso del parallelepipedo.

I movimenti manifestati dal parallelepipedo e dal cubo in presenza dei due poli dell' elettromagnete curvilineo si ottengono anche con uno de' poli dell' elettromagnete rettilineo, ma più debolmente. L' osservazione è però interessante ed istruttiva sul cubetto di vetro pesante, vedendosi allora il mobile respinto secondo tutte le linee di for-

za magnetica; come fa un pendololino elettrizzato il quale venga accostato ad un corpo fornito della medesima specie di elettricità.

Da quest' ultimo fatto si deduce manifestamente, che nelle precedenti sperienze la direzione del parallelepipedo proviene dalla tendenza di tutte le sue molecole integranti a fuggire l' uno e l' altro polo: per cui la massa si dispone secondo la linea di minima ripulsione. Le particelle libere di vetro pesante sotto l' azione di uno o più poli elettromagnetici si recano costantemente su queste linee, che sono ora parallele ora perpendicolari alle irradiazioni magnetiche, l' unica cognizione del mobile essendo di trasferirsi dai luoghi di maggior forza magnetica in quelli di forza minore. Siffatte linee vengon dette dal Faraday *curve diamagnetiche*, onde distinguerle dalle *curve magnetiche* segnate dalle limature de' metalli magnetici intorno ai poli delle calamite.

La direzione e la ripulsione del vetro pesante succedono parimente con una possente calamita stabile a ferro di cavallo, quantunque con minor energia che nel caso dell' elettromagnete.

E si ottengono anche sospendendo il mobile nell'acqua, nell'alcool, nell' etere, ed altri liquidi contenuti entro vasi di vetro, di pietra, di legno, o di metallo non magnetico alla guisa del ferro.

Questi fatti mostrano ad evidenza che il magnetismo esercita sul vetro pesante una ripulsione *senza polarità*: la quale ripulsione deve pertanto distinguersi essenzialmente, e dalle azioni magnetiche del ferro dolce che sono sempre attrattive, e dalle azioni magnetiche del ferro calamitato, ove la forza ripulsiva di un polo va sempre congiunta colla forza attrattiva dell' altro.

Azione delle calamite sulle altre sostanze che operano magneticamente sulla luce.

Vedendo il vetro pesante sottoposto ad una nuova forza magnetica, Faraday pensò che tutti i mezzi capaci di operare magneticamente sulla luce dovevano dar segni analoghi di questa medesima forza.

Fattane l' esperienza egli trovò che, non solamente le sostanze diafane ove succede la rotazione del piano di polarizziazione del raggio lucido per virtù magnetica, ma molte altre ancora sì trasparenti che opache, e fra le prime anche quelle incapaci di produrre la rotazione suddetta, si mostrano realmente obbedienti alla forza repellente unipolare della calamita. Questa forza genera la direzione, come nel vetro pesante, quando i corpi sono di forma oblunga e sospesi nel centro del campo magnetico; essa produce la direzione congiunta alla ripulsione quando il mobile sta fuori del centro; e la sola ripulsione quando le sue dimensioni essendo presso a poco uguali per ogni verso, il filo di sospensione passa più vicino all' uno de' poli della calamita.

I liquidi vennero sperimentati entro recipienti cilindrici che terminavano in un beccuccio sottile rivolto all' insù, ond' evitare i turaccioli di sughero, i quali sono ordinariamente magnetici alla guisa di ferro.

Anche qui, come nel caso del vetro pesante, la divisione non ha veruna influenza; nè i pezzi di piccol volume si muovono più energicamente de' grandi, perchè la forza motrice varia proporzionalmente alla massa del mobile.

Ecco la nota de' cristalli, de' liquidi ed altre sostanze non metalliche respinte da ambi i poli della calamita.

Cristallo di monte — Solfato di calce — Solfato di barite — Solfato di soda — Solfato di potassa — Solfato di magnesia — Allume — Idroclorato d' ammoniaca — Cloruro di piombo — Cloruro di sodio — Nitrato di piombo —

Carbonato di soda — Spato d' Islanda — Acetato di piombo — Tartrato di potassa e di soda — Acido tartrico — Acqua — Alcool — Etere — Acido nitrico — Acido solforico — Acido cloridrico — Soluzioni diverse di sali alcalini e terrosi — Vetro — Litargirio — Arsenico bianco — Iodio — Fosforo — Solfo — Resina — Spermaceto — Caffeina — Cinconina — Acido margarico — Cera di Spagna — Cera lacca — Olio d' ulive — Olio di trementina — Lustrino — Cautchouc — Zucchero — Sego — Gomma arabica — Legno — Avorio — Montone secco — Manzo fresco — Manzo secco — Sangue fresco — Sangue secco — Cuojo — Mela — Pane.

Faraday non dà verun rapporto tra le forze direttrici o repellenti delle varie sostanze contenute in questa tabella; e soggiunge solamente che il vetro pesante gli pare più attivo del flintglass, e questo più attivo del vetro comune; l' acqua meno del vetro, l' alcool meno dell' acqua, e l' etere meno dell' alcool; il borato di piombo uguale, se non superiore, al vetro pesante; ed il fosforo probabilmente superiore a qualunque altro corpo. Da queste parole si scorge chiaramente ch' egli non si è attenuto nella tabella ad alcun ordine d' azione; poichè vi mancano, e il silico-borato e il borato di piombo, il flintglass vi sta confuso col vetro comune, e il fosforo trovasi verso la metà quando dovrebbe esser situato all' una o l' altra estremità della scala.

Faraday osserva poi con ragione, che le sue sperienze rovesciano compiutamente l' idea che i fisici s' eran formata sul magnetismo di qualunque corpo, dietro le precedenti ricerche di Coulomb e Becquerel, intorno all' azione delle possenti calamite sulle varie sostanze naturali od artificiali. Invece di possedere una debole azione magnetica ordinaria, i corpi non metallici van soggetti ad una forza *antagonista*. Egli concede però che in certi casi un corpo può avere ad un tratto le due tendenze e

muoversi soltanto in virtù della loro differenza: così il sangue contenendo del ferro dovrebbe mostrarsi magnetico alla maniera di questo metallo, e però attratto dall'uno e dall'altro polo della calamita; ma la forza antagonista prevale, ed il sangue è respinto.

Questi due capitoli, e specialmente il secondo, mostrano chiaramente l'idea dell'autore di porre a confronto l'azione dinamica della forza magnetica sulle molecole del mezzo in cui succedono i fenomeni ottici, coll'azione parimente dinamica della stessa forza magnetica sul piano di polarizzazione del raggio lucido: ciò non pertanto Faraday tace qualunque considerazione relativa a questo importantissimo argomento. Noi cercheremo di supplire al suo silenzio, tenendoci però sempre ne' limiti delle conseguenze dedotte dai fatti, ed abbandonando compiutamente il campo indefinito delle pure ipotesi.

Il silico-borato di piombo, il vetro, l'acqua e tutti i corpi diafani che producono le apparenze luminose descritte nella prima memoria del Faraday, si dirigono e sono respinti da ambi i poli della calamita; ma questi medesimi effetti osservansi pure nello spato d'Islanda, nel cristallo di monte, ed in tutte le sostanze trasparenti incapaci di operare sul raggio lucido; e quantunque manchi, come s'è già fatto osservare, la scala comparativa delle forze direttrici o repellenti, si rileva chiaramente da alcuni passi del testo, che parecchie di queste sostanze non van certo annoverate tra le ultime relativamente ai moti di attrazione e repulsione che compiono anzi con molta vivacità (1).

Le azioni direttrici o repellenti non sono dunque proporzionali alla rotazione che manifesta il piano di pola-

(1) Chrystalline bodies were equally obedient, whether taken from the single or double refracting class. Prisms of quartz, calcareous spar, nitre and sulphate of soda, all pointed wel, and were repelled. (Faraday Exp. resear. in electr. 20 series. §. 2370.

rizzazione della luce trasmessa pel mezzo sottoposto alla forza magnetica.

Ora riflettendo su questa mancanza di proporzionalità, è facile il convincersi che da essa non se ne deve punto arguire una differenza radicale tra le cagioni de' due fenomeni; ma solamente che le molecole ponderabili attuate dalla calamita assumono una certa disposizione, la quale non può altrimenti effettuarsi in qualunque mezzo.

Entrando poi nell' esame delle circostanze che possono contribuire a così fatta disposizione, vediamo le sostanze vitree o liquide, le cui particelle sono sottoposte ad una forza di coesione uniformemente diffusa per ogni verso, presentare ad un tratto l' azione sulla materia ponderabile, e l' azione sulla luce: mentre la massima parte dei cristalli naturali van soggetti bensì alla prima forza, ma non operano punto sul raggio lucido. Le forze della cristallizzazione sembran dunque opporre un ostacolo a quella tal disposizione molecolare necessaria alla produzione del fenomeno ottico (1). E ciò pare tanto più probabile che tra tutte le sostanze cristallizzate, il salgemma e l' allume sono le sole che diano qualche vestigio d' azione sul raggio di luce: e si è già osservato che tanto l' allume quanto il salgemma sono equiassici e dotati della refrazion semplice; circostanze le quali dimostrano un sistema di forze molecolari più semplice di quello cui van sottoposte le particelle dello spato islandico del cristallo di monte, e di tutti i corpi ad assi ineguali, e doppiamente rifrangenti.

Generalmente parlando, si direbbe che l' azione ottica artificiale de' mezzi diafani è d' un indole diametralmente

(1) Potrebbe darsi che l' ostacolo non fosse ugualmente efficace in ogni direzione rispetto agli assi di cristallizzazione; e che facendo passare il raggio polarizzato per certi versi del cristallo si ottenesse la sua rotazione magnetica. Questa ricerca ci pare interessantissima, ed atta a far progredire le nostre cognizioni sull' argomento in quistione.

opposta a quella che i detti mezzi esercitano naturalmente sulla luce polarizzata. Imperciocchè dove la prima esige l'assenza delle forze di cristallizzazione, la seconda succede per lo contrario col massimo suo splendore ne' corpi il cui sistema di cristallizzazione è più complicato. Ma considerando la specie dell' azione prodotta artificialmente, e paragonandola all' analogo fenomeno della rotazion naturale, si rileva che ambedue succedono generalmente nelle sostanze amorfe: l' ultima ha tuttavia un impero assai più limitato, il quale comprende soltanto alcuni liquidi; dove che l' azione ottica artificialmente prodotta dalla calamita si estende a qualunque liquido ed a molti solidi.

Il cristallo di monte, o quarzo cristallizzato, presenta un eccezione alla regola, poichè in esso succede la rotazion naturale, e non già l' artificiale. Ma questo cristallo appartiene a quella mano di corpi già esclusi, in virtù del loro sistema complicato di cristallizzazione, dalla classe delle sostanze ove l' azione della calamita è capace di produrre la disposizione molecolare atta ad operare sul raggio polarizzato. E non v' ha nessuna difficoltà a concepire che le molecole di un corpo abbiano la rotazione naturale, e sian tuttavia tenute, sotto il dominio delle forze di cristallizzazione, in tali condizioni di stabilità, da non poter più prestarsi alle modificazioni necessarie per indurre la rotazione artificiale nel raggio polarizzato.

Notiamo infine, che quattro sono presentemente i mezzi di riprodurre coll' arte le azioni esercitate naturalmente dai corpi diafani sulla luce polarizzata: la pressione, la tempera, l' applicazione del calore ad un lato del corpo, e la forza magnetica. I tre primi valgono ad imitare i bei fenomeni di colorazione scoperti da Arago; l' ultimo, ad eccitare nel raggio lucido una rotazione analoga a quella rinvenuta da Biot e Seebeck. Il secondo ed il terzo mezzo riduconsi, in sostanza, ad una compressione o dilatazione di alcune parti del corpo, mentre le altre conservano la

loro natural densità; e sono per conseguenza vere *forze meccaniche* come la prima. Ora, se le attrazioni e ripulsioni magnetiche spostano una massa mobile, pare assai probabile che la massa essendo immobile, lo spostamento si effettui tra le molecole o particelle elementari; e sia maggiore nelle particelle più vicine: per modo che, anche nel caso del corpo sottoposto all' azione della calamita, nascerebbero delle differenze di compressione e di dilatazione; ed il quarto mezzo d' imitazione artificiale rientrerebbe egli pure nella classe delle forze meccaniche.

Queste considerazioni, lungi dall' esser avverse all' opinione che attribuisce l' azione ottica prodotta dalla forza magnetica alle modificazioni introdotte nella costituzion fisica del corpo, tendono pertanto a corroborarla. Laonde noi siamo sempre più persuasi della inutilità di far intervenire l' azione diretta del magnetismo sulla luce nella spiegazione dei nuovi fatti scoperti dal Faraday.

Azione delle calamite sui metalli in generale.

Prima di sottoporre i metalli all' elettro-magnete, l' autore ricorda l' osservazione già fatta nel precedente capitolo, che questi corpi possono avere ad un tratto l' antica e la nuova forza magnetica, e muoversi soltanto per virtù della differenza: e ciò gli parve tanto più probabile vedendo alcuni metalli privi di qualunque azione sui magnetometri più squisiti, attratti fortemente dai due poli dell' elettro-magnete; prova manifesta esser dessi magnetici a modo del ferro. Che ciò avvenisse per la loro propria virtù magnetica, o per l' azione del ferro diffuso nella loro massa, Faraday non osa deciderlo dietro questi soli fatti: più tardi però un altro metodo sperimentale gli permette di sciogliere il quesito, e tre dei prefati metalli (platino, palladio e titanio) vengono da lui annessi alla classe magnetica del ferro.

I metalli decisamente respinti da ambi i poli della calamita, disposti nell' ordine della loro energia magnetica sono: Bismuto — Antimonio — Zinco — Stagno — Cadmio — Mercurio — Argento — Rame — Oro — Piombo.

La forza magnetica fu valutata dal numero delle oscillazioni che varie spranghette uguali di questi metalli compivano intorno all' equatoriale.

Le sperienze sulla divisione del mobile, sulla sua immersione ne' liquidi, sulla natura de' vasi e lamine interposte, sulla ripulsione delle masse cubiche o sferiche avvicinate ad uno de' poli, sull' azione delle calamite ordinarie, ed altre consimili istituite sul vetro pesante, furono ripetute con egual successo mediante il bismuto.

Ridotto il bismuto in polvere finissima, questa sparsa sur un cartoncino sovrapposto ad uno de' poli di un elettromagnete rettilineo ed inerte, non assume veruna figura determinata quando lo s' imprime un movimento di sussulto, percuotendo leggermente e ripetutamente il piano che la sostiene. Ma quando il polo è in attività, si vede parte della polvere recarsi ne' punti del cartone sovrapposti all' interno della spranga, e parte ne' punti esterni, lasciando perfettamente libera e scoperta una striscia anulare corrispondente al circuito del ferro. Adoperando un polo acuminato la polvere di bismuto segna in bianco le varie figure che si fanno descrivere dalla punta magnetica sotto il cartoncino durante la percussione.

Una spranghetta di rame posta obbliquamente tra la linea assiale e l' equatoriale nel campo magnetico della gran calamita a ferro di cavallo si muove, di alcuni gradi verso la prima linea quando s' introduce la corrente nell' elettromagnete, ed in direzione opposta quando cessa la circolazione elettrica: durante l' attività dell' apparecchio, la spranga resta immobile nella posizione assunta dopo il primo impulso. Queste azioni sono evidentemente dovute alle correnti indotte dall' elettromagnete nella

spranghetta mobile di rame. Di fatto, il bismuto non ne offre nessuna traccia attesa la sua pessima conducibilità elettrica, nè il vetro pesante, perchè assolutamente inetto allo sviluppo di qualunque corrente di elettricità. Siffatti movimenti, prodotti da una forza essenzialmente diversa da quelle che vengono specialmente esaminate in queste due ultime memorie, furono tuttavia diligentemente studiati da Faraday ne' seguenti metalli, che riferiamo disposti giusta l'ordine della loro energia. Rame — Argento — Oro — Zinco — Cadmio — Stagno — Mercurio — Platino — Palladio — Piombo — Antimonio — Bismuto.

Tranne alcune leggiere differenze, questa scala è quella d'induzione magnetica determinata alcuni anni sono da Herschell e Babbage nel ripetere ed estendere a vari metalli le belle sperienze del magnetismo di rotazione d'Arago; com'era facile il prevederlo, attesa la grande analogia dei due fenomeni.

Azione della calamita sui metalli magnetici e sulle loro combinazioni.

Era ammesso dai fisici che i metalli magnetici fortemente riscaldati perdono i loro caratteri distintivi ed entrano nella classe de' corpi ordinarii. Secondo le nuove indagini del Faraday, quantunque il ferro il nikel ed il cobalto si spoglino della massima parte della loro virtù magnetica sotto l'azione di un alta temperatura, essi ne conservano sempre alcune vestigia, deboli sì, ma tuttavia bastanti per non dover essere confusi cogli altri metalli.

La dimostrazione sperimentale di questa proposizione è semplicissima. Alla estremità inferiore dell'apparecchio di sospensione precedentemente descritto, s'adattano alcuni pollici d'un sottil filo di platino cui vien raccomandata una spranghetta trasversale di ferro lunga 1,poll.1 e grossa 0,poll.05. Si dispongono le cose per modo che la spranghetta appesa al filo di platino stia orizzontale, e

possa girare liberamente tra i due poli inerti dell' elettromagnete. Si scalda infine il ferro mediante una sottoposta lucerna ad alcool. Quando il metallo è fortemente riscaldato gli s' avvicina una calamita ordinaria senza che perciò si manifesti nessun movimento, per quanto minima sia la distanza. Ma introdotta la corrente della pila nell' elettromagnete, la spranga gira tosto, oscilla, e fermasi sulla linea de' poli. Questi movimenti sono molto più languidi che nel caso del metallo alla temperatura ordinaria; ma la sola posizione d' equilibrio del mobile mostra ad evidenza, che nell' uno e nell' altro caso il metallo si muove in virtù della medesima forza. Ritirata la lucerna, il ferro raffreddasi, e dopo alcuni istanti riacquista rapidamente, ma non *istantaneamente*, l' energia magnetica primitiva, le vibrazioni divengono rapidissime; e sospesa l' azione dell' elettromagnete, la spranghetta corre ansiosamente verso quella stessa calamita ordinaria per cui essa mostravasi dianzi al tutto indifferente.

L' esperienza riesce anche più graziosa e concludente col nikel. Sotto l' azione degli apparecchi ordinari, questo metallo perde la sua virtù magnetica alla temperie dell' olio bollente. Ma per quanto si scaldi, esso conserva sempre la stessa tendenza verso i poli dell' elettromagnete. Che poi la ripristinazione della forza succeda giusta una gradazione rapida e non istantanea, Faraday lo dimostra egregiamente moderando convenientemente il grado di calore, ed osservando che in tal caso il metallo manifesta una energia magnetica intermedia tra la minima e la massima azione, e tanto più vicina all' ultimo estremo, quanto meno elevata si è la temperatura.

Questi nuovi fatti inducono Faraday a riguardare come erronea una sua precedente congettura, dietro la quale tutti i metalli sarebbero magnetici ad un certo grado di freddo. E veramente, se il ferro ed il nikel conservano una certa porzione de' loro segni caratteristici alla temperatura più elevata, l' ipotesi del magnetismo generale dei

metalli alle basse temperature condurrebbe alla conseguenza che tutti questi corpi dovrebbero fornire qualche vestigio della forza magnetica ordinaria alle temperature atmosferiche; e si è veduto che, in vece di essere attratti dai poli dell'elettromagnete, alcuni di loro sono respinti. Considerati per rispetto al magnetismo i metalli devono dunque realmente partirsi in due classi distinte.

Gli ossidi de' metalli magnetici sono più o meno attratti dalla calamita: ma sottoposti ad un alta temperatura non perdono nè *diminuiscono per nulla* la loro virtù magnetica. Tale proposizione importantissima risulta dalle osservazioni dell'autore sul ferro, sul nikel, e sul cobalto ossidati, e sopra alcuni vetri colorati da queste sostanze.

Faraday passa quindi a considerare il magnetismo d'altre combinazioni dello stesso metallo e trova magnetiche tutte quelle ove il ferro entra basicamente. Ecco la nota delle più cospicue. Protocloruro e Percloruro, — Ioduro, — Protosolfato e Persolfato, — Protofosfato e Perfosfato, — Nitrato, — Carbonato — e Prussiato turchino. Fra i prodotti naturali egli trovò magnetici principalmente il ferro ossidulato (bag iron ore), l'ematite, il cromato di ferro, la pirite marziale, la pirite arsenicale, le piriti di rame, ed alcuni altri solfuri ferruginosi.

Le soluzioni dei sali di ferro sono, esse pure, magnetiche e di grande ajuto per le ulteriori ricerche sul magnetismo, somministrando una *calamita liquida*, *diafana* e *suscettiva* (entro certi limiti) *di assumere diversi gradi di energia che si possono calcolare e graduare esattamente*, come lo vedremo in breve.

I cristalli purissimi di solfato di nikel e di cobalto, le loro soluzioni, e quelle de' cloruri degli stessi metalli, sono tutte sostanze magnetiche alla maniera del ferro.

Riscaldando le varie soluzioni di questi corpi il vigore con cui esse vengono attratte dalla calamita non vien punto alterato.

Nessuna combinazione chimica degli altri metalli offre

il minimo segno di attrazione tra i poli del più poderoso elettromagnete. — Ecco un altro bellissimo argomento in favore della distinzione delle sostanze metalliche in due classi opposte per riguardo al magnetismo.

Faraday formò una soluzione di cristalli idrati di protosolfato di ferro, la quale conteneva 74 grani di questo sale per ogni oncia d'acqua. Versata una egual quantità della detta soluzione in tre vasi separati, egli lasciò la prima nel suo stato naturale, aggiunse alla seconda tre volumi d'acqua, ed alla terza quindici volumi. Siccome le proporzioni di solfato di ferro contenute in queste tre soluzioni stanno approssimativamente come 16: 14: 1, così questi dati numerici possono considerarsi quali rappresentanti delle forze magnetiche dei tre liquidi, che per maggior chiarezza denoteremo coi numeri 1, 2, 3.

I tubi di vetro pieni dell'una o dell'altra soluzione ed orizzontalmente sospesi nel campo magnetico della calamita temporaria, si dirigono sulla linea de' poli, più o meno vigorosamente a norma della densità del liquido in essi contenuto. Introdotti nell'acqua pura o nell'alcool, essi dirigonsi ancora sulla medesima linea assiale. Ma quando si fanno pescare nelle soluzioni ferruginose, i fenomeni diventano oltremodo curiosi ed interessanti. Il tubo n.° 1. (quello pieno della soluzione più densa) entro un vaso pieno della medesima soluzione perde la forza direttrice: nelle altre due soluzioni si dirige sulla linea de' poli, e più energicamente nel n.° 3. che nel n.° 2. Il tubo n.° 2. entro la soluzione n.° 1. *è respinto e passa nell' equatoriale*, come il vetro pesante, il bismuto, ed il fosforo: nella soluzione n.° 2. diventa inerte, e si volge verso i poli nella terza soluzione. Finalmente il tubo n.° 3. *si dispone secondo l' equatoriale* nelle soluzioni n.° 1. e n.° 2. e se ne sta inerte nel liquido n.° 3.

Questi fatti, ripetuti con altri liquidi ferruginosi, condussero Faraday alla conclusione generale, che la soluzione contenuta nel tubo si dirige secondo i poli della ca-

lamita entro le soluzioni più deboli; è indifferente nelle soluzioni d'egual forza; ed assume la posizione equatoriale nelle soluzioni più vigorose.

Sospendendo i tubi verticalmente presso l'uno de' poli dell'elettromagnete, l'attrazione si manifesta costantemente nella soluzione più debole, l'indifferenza nella soluzione uguale, e la ripulsione nella soluzione più vigorosa, come nel caso del cubo di vetro pesante o di bismuto.

Nel riflettere a queste mirabili sperienze del Faraday siam rimasti colpiti della grande analogia ch'esse presentano col principio d'Archimede. Un grave si muove all'ingiù entro un fluido meno denso, all'insù entro un fluido più denso, e resta in quiete quando la sua densità è uguale a quella del fluido circostante: così per l'appunto il tubo pieno della soluzione ferruginosa immerso nel liquido ferruginoso è attratto e respinto nella calamita, o resta quieto e immobile, secondo che il suo *magnetismo specifico* è superiore, inferiore, o uguale a quello del liquido circonfuso. Siffatta coincidenza negli effetti desta qualche sospetto di fratellanza tra le cagioni. Tuttavia chi volesse estendere il parallelo al complesso delle forze magnetiche antagoniste, poste in sì chiara luce dalle sperienze del Faraday, cadrebbe in errore; come speriamo dimostrarlo verso la fine di questo lavoro. Vedremo però nel capitolo seguente, che tra i limiti respettivi di queste forze, il principio d'Archimede indica come si potrebbero ampliare e variare alcuni fatti analoghi ai precedenti scoperti dal nostro illustre autore nelle sostanze diamagnetiche.

Se il ferro, il nikel, ed il cobalto conservano nelle loro combinazioni una parte della propria virtù magnetica, l'analogia c'induce a credere che lo stesso debba succedere rispetto agli altri metalli i quali possedessero per avventura la medesima virtù: e siccome le prove tentate su questi corpi isolati sono rimaste dubbie pel sospetto che i campioni adoperati contenessero qualche particella fer-

ruginosa, e che gli stessi dubbi non possono sostenersi per gli ossidi, e segnatamente pei sali cristallizzati, così Faraday cercò di esplorare l' indole magnetica de' metalli mediante le loro combinazioni.

L' ossido di titanio; gli ossidi (e segnatamente il protossido), il cloruro, il solfato, l' ammonio-solfato, il fosfato, il borato e il carbonato di manganese: il protossido idrato, il cloruro, e il carbonato di cerio, più il doppio solfato di potassa e dell' ossido di questo metallo: l' ossido cristallizzato di cromo e l' acido cromico; si diressero sulla linea dei poli: donde Faraday inferisce che il *titanio*, il *manganese*, il *cerio*, e il *cromo* sono magnetici, e forse il manganese più di tutti ad una bassa temperatura.

Esperienze analoghe lo indussero ad ammettere che tali siano anche il *platino*, il *palladio*, e probabilmente anche l' *osmio*.

L' *arsenico*, l' *iridio*, il *rodio*, l' *uranio*, il *tungsteno*, l' *argento*, l' *antimonio*, il *bismuto*, il *sodio*, il *magnesio*, il *calcio*, lo *stronzio*, il *bario*, il *potassio*, studiati nello stesso modo, si mostraron tutti magnetici alla maniera del vetro e dell' acqua, cioè a dire *diamagnetici*. Imperocchè le loro combinazioni e i metalli puri ridotti a forma prismatica si diressero tutti secondo l' equatoriale, e vennero respinti essendo avvicinati all' uno de' poli.

Parecchi di questi metalli diamagnetici furono recati ad un altissima temperatura: alcuni furono persino liquefatti dal calore, senza che si manifestasse perciò alcun cambiamento nella loro virtù magnetica.

Dal complesso di questi fatti Faraday deduce la seguente scala magnetica delle sostanze metalliche; dichiarando tuttavia ingenuamente che l' ordine da lui adottato per certi metalli può andar soggetto ad alcune modificazioni, in conseguenza di più precise indagini. Lo zero (0^0) punto medio, indica l' indifferenza del corpo alle azioni magnetiche.

Metalli classificati secondo le loro proprietà magnetiche.

Magnetici	*Diamagnetici*
	Bismuto
	Antimonio
	Zinco
	Stagno
	Cadmio
Ferro	Sodio
Nikel	Mercurio
Cobalto	Piombo
Manganese	Argento
Cromo	Rame
Cerio	Oro
Titanio	Arsenico
Palladio	Uranio
Platino	Rodio
Osmio	Iridio
0°	Tungsteno

Azione delle calamite sull' aria e sui gas.

Una spranghetta di bismuto ed un parallelepipedo di vetro pesante vennero successivamente sospesi entro un recipiente disposto nel campo magnetico, e comunicante colla macchina pneumatica. Si osservarono le loro oscillazioni nell' aria e nel vuoto, e si trovò che l' aria non introduceva nessuna modificazione nell' energia colla quale tanto il bismuto, quanto il vetro pesante muovevansi oscillando lentamente intorno alla loro posizione d' equilibrio, normale sulla linea de' poli. Questa indifferenza magnetica del fluido elastico ambiente si manifestò pure rispetto ad un cubo di bismuto, che fu sempre respinto

colla stessa forza apparente, nel vuoto, nell'aria atmosferica, nell'idrogeno, e nell'acido carbonico.

Un sottil tubo di flintglass pieno d'aria ed ermeticamente chiuso si dirigeva debolmente *sull'equatoriale* in virtù della sostanza stessa di cui eran formate le sue pareti. Sospeso entro un recipiente dal quale si tolse l'aria, la debole sua forza direttrice non venne perciò menomamente alterata. Così pure quando invece dell'aria atmosferica s'introdusse entro il recipiente dell'idrogeno, o dell'acido carbonico, a diversi gradi di rarefazione, o nello stato di natural densità.

Il tubo pieno d'aria fu tolto dal recipiente e tuffato successivamente nell'acqua, nell'alcool, nell'essenza di trementina, e persino nel mercurio, mediante alcuni pesi metallici attaccati al disotto, nella direzione del filo di sospensione. In questa nuova condizione, il tubo di flintglass non oscillò più intorno all'equatoriale, ma bensì intorno alla linea assiale, *mostrando per tal guisa esser desso attratto dai poli della calamita*, dove prima le sue oscillazioni equatoriali indicavano la ripulsione dei detti poli.

L'esperienza del tubo nel liquido è importante, perchè mostra potersi estendere alle sostanze diamagnetiche le relazioni che si manifestano ne' corpi magnetici tra il mobile ed il fluido circonfuso. È vero che il flint è più diamagnetico dell'acqua e degli altri liquidi ove Faraday lo fece pescare successivamente; e che pertanto l'ambiente ed il mobile non sembrano nella condizione necessaria all'inversione.

Ma applicando alla forza diamagnetica quanto si disse dianzi intorno al parallelo tra le condizioni del tubo pieno di una soluzione ferruginosa entro soluzioni più o meno dense della medesima natura ed un grave immerso in un fluido, si scorgerà chiaramente la ragione di questa anomalia. E veramente, il principio d'Archimede non vale soltanto per un corpo di densità uniforme, ma anche per diversi corpi riuniti insieme, o per l'accozzamento

di una data sostanza con uno spazio vuoto. Anzi gli è in virtù di cosiffatte unioni che vediamo i palloni volanti sollevarsi nell' atmosfera ed una sfera di rame vuota o piena d' aria essendo tuffata nell' acqua salire all' insù, come farebbe un pezzo di sughero; il principio d' Archimede esigendo unicamente che il peso del corpo immerso sia minore del peso di un egual volume del fluido ambiente: ora questa condizione è soddisfatta rispetto all' atmosfera mediante l' introduzione dell' idrogeno o dell' aria rarefatta nell' inviluppo del globo areostatico, e rispetto all' acqua, dallo spazio vacuo o pieno d' aria racchiuso nel seno della sfera metallica.

L' azione diamagnetica che la calamita esercita sul tubo di flint tuffato nel liquido è perfettamente simile all' azione della gravità sulla sfera vuota di rame immersa nell' acqua. Come il metallo più grave del liquido posto nel fondo di uno stagno fugge alla superficie; così il flintglass più diamagnetico dell' acqua abbandona l' equatoriale e recasi sulla linea dei poli.

Se tale si è la cagione del fenomeno; se, in altri termini, il fenomeno dipende effettivamente dall' azione magnetica della massa del mobile riferita a quella del volume di liquido spostato, l' attrazione o ripulsione osservata non dipenderà soltanto dal rapporto dell' energia magnetica o diamagnetica del mobile e del liquido ambiente, come lo accenna Faraday, ma dall' azione della massa riferita al volume. La forza direttrice sarà pertanto in ragion composta, diretta della virtù magnetica o diamagnetica della massa del mobile, ed inversa del suo volume: per modo che nel nostro caso, l' azione diamagnetica della massa del flint riferita al volume del tubo, essendo minore di quella d' un egual volume del fluido circostante, il tubo corre in verso opposto alla sua natural tendenza, e viene a disporsi lungo la linea dei poli. Una prova manifesta della verità di questa teorica si è che la sostanza solida ed il volume del tubo sono i soli dati da prendersi

in considerazione; poichè vedremo tra poco esser indifferente alla produzione del fenomeno che il tubo sia vuoto, o pieno d' aria.

Da tutto ciò s' arguisce, che variando convenientemente la grossezza delle pareti vitree, si potrebbero costruire colla medesima sostanza, immersa nel medesimo liquido, de' tubi *indifferenti*, *assiali*, *o equatoriali*. Queste curiose indagini, ed altre consimili relative ai cambiamenti apparenti delle azioni magnetiche, potevano forse istituirsi con vantaggio della scienza, e raccoglierne i risultamenti in una sezione speciale, indipendente dalle proprietà magnetiche negative dei fluidi aeriformi; tanto più, che l' esperienza del tubo di flint immerso nel liquido non sembra avere alcuna relazione ben distinta colle dette proprietà. Il tubo si muove nell' idrogeno, nell' aria, e nell' acido carbonico, come in uno spazio vuoto: e però i fluidi elastici circonfusi non hanno veruna influenza magnetica. Ora non si comprende bene, a prima giunta, perchè l'autore metta in parallelo questa *nullità d' effetto*, *coll' azione di ambienti attivi*, quali sono per l' appunto, e l' acqua, e l' alcool, e l' olio di trementina.

Ma Faraday voleva forse esplorare l' effetto dell' aria atmosferica nella posizione ove il tubo è apparentemente attratto dai poli della calamita; ed allora la sua sperienza si connette naturalmente con altre analoghe ricerche poste alla fine del capitolo.

Rimossa l' aria interna l' autore introdusse successivamente nel suo tubo di flintglass diversi fluidi elastici. Ciò nullameno il tubo immerso nell' acqua oscillò sempre intorno alla linea dei poli, come nel caso ove esso non conteneva più nessuna specie di gas.

Faraday deduce da questa e dalle prime sue sperienze, che le sostanze aeriformi non hanno alcuna virtù magnetica apparente, e stanno nel punto neutro della scala. Siffatta conclusione viene da esso lui applicata, non solamente all' aria, all' idrogeno, all' acido carbonico; ma an-

che ai vapori dell'etere, dell'acido nitroso, dell'acido solforoso, ed a tutte le sostanze ch' egli ebbe campo di sperimentare successivamente allo stato liquido ed allo stato aeriforme. Sicchè non sarebbe già la composizione chimica del corpo aeriforme, ma la sua fisica costituzione che lo priverebbe di ogni proprietà magnetica.

Considerazioni generali.

Tali sono i fatti che stabiliscono una nuova azione magnetica, o nuova condizione della materia; la qual condizione manifestata dagli effetti apparenti, si riduce, in ultima analisi, ad una ripulsione del corpo sotto l' azione d' ambi i poli della calamita. Per essa il mobile fugge sempre i luoghi di maggior forza magnetica onde recarsi in quelli di forza minore, e corre pertanto lungo le linee magnetiche ordinarie o nella direzione normale a queste linee; per essa due porzioni di materia s' avvicinano tra di loro come se fossero attratte, o s' allontanano come se fossero respinte; per essa infine, un corpo può essere respinto o attratto da ambo i poli della calamita secondo la sua propria natura e quella del mezzo ambiente.

Questa nuova condizione magnetica e l' antica hanno tra di loro la stessa relazione d' antitesi, come il positivo e il negativo elettrico, come le polarità opposte nelle calamite, come le direzioni di forza elettrica e magnetica nell' elettromagnetismo. I fenomeni diamagnetici sono tuttavia di gran lunga i più importanti, perchè imprimono una nuova direzione a quel carattere di dualismo già noto nella forza magnetica, ed estendono immensamente il campo d' azione di questa potenza.

Tutti i corpi della natura sembrano più o men soggetti al suo dominio; per cui essa diventa universale, come le forze di gravitazione, di elettricità, e di affinità chimica. I corpi dividonsi però in due gran classi rispetto al magnetismo: magnetici e diamagnetici. I caratteri di que-

ste due classi sono talmente distinti, indipendentemente dal grado di energia, che dove i corpi appartenenti all'una di esse patiscono l'attrazione, quelli della classe opposta subiscono la ripulsione, e viceversa: e quando una spranga dei primi si dispone per un dato verso, una spranga de' secondi assume la direzione perpendicolare.

Nessun corpo, solido o liquido, perfettamente neutro rispetto alle due classi magnetiche è stato sinora scoperto. Molti se ne possono tuttavia formare per mistura: così sciogliendo una certa proporzione di persolfato di ferro, sostanza magnetica, in un dato volume d'acqua, sostanza diamagnetica, si ottiene una soluzione che introdotta in un tubo, ed avvicinata all' uno de' poli dell' elettromagnete non è nè attratta nè respinta, e sospesa orizzontalmente, ad egual distanza dai due poli, non si dirige, nè secondo l' equatoriale, nè secondo la linea de' poli; per cui questo liquido si comporta precisamente come i fluidi aeriformi ed il vacuo. E siccome alcune specie di vetro operano a modo del bismuto, ed altre alla guisa del ferro; così è da credersi che si potrà parimente comporre un solido dotato della neutralità magnetica.

Nello stato presente della scienza una scala generale delle sostanze considerate sotto l'aspetto magnetico sarebbe prematura. Per mostrare tuttavia l' immensa varietà nell' indole de' corpi che si succedono in questa classificazione, Faraday offre il quadro sinottico seguente:

Scala generale de' principali corpi magnetici e diamagnetici.

Magnetici	*Diamagnetici.*
Ferro	Bismuto
Nikel	Fosforo
Cobalto	Antimonio
Manganese	Vetro pesante
Palladio	Stagno
Crownglass	Flintglass
Platino	Mercurio
Osmio	Acqua
	Oro
	Alcool
	Etere
	Arsenico

0° Aria e Vacuo

È degno d' osservazione che due metalli trovinsi alle opposte estremità della scala e che ambidue siano cattivi conduttori elettrici; ma si noteranno in pari tempo le differenze di malleabilità, di cristallizzazione, di elasticità, ed altri caratteri distintivi del ferro e del bismuto.

Giova tener presente che la nuova proprietà scoperta ne' corpi diamagnetici è diametralmente opposta all' azione magnetica ordinaria; donde s' arguisce erronea la teorica che voleva tutte le sostanze più o meno magnetiche alla maniera del ferro.

I movimenti dei corpi delle due classi magnetiche potrebbero forse spiegarsi, soggiunge Faraday, ammettendo una diversa maniera d' azione della forza motrice sulle polarità delle loro particelle. Adottando la teorica del magnetismo molecolare d' Ampère, per esempio, potrebbe dirsi che le correnti indotte nelle sostanze magnetiche

si dirigono per lo stesso verso di quelle che circolano nell' elettromagnete; e che nelle sostanze diamagnetiche queste correnti assumono una opposta direzione; per cui paragonando questi fatti a quelli d' induzione, il movimento del fluido elettrico intorno alle molecole de' corpi diamagnetici sarebbe come quello eccitato nel conduttore quando comincia l' azione induttrice della corrente; ed il movimento della elettricità intorno alle molecole de' corpi magnetici sarebbe analogo a quello della corrente prodotta nello stesso conduttore quando cessa l' azione della corrente induttrice. E non avrebbe forza l' obiezione che molte sostanze diamagnetiche sono isolanti; perchè qui non si tratta di correnti che percorrano la massa del corpo, ma di correnti circolanti intorno ad ogni sua molecola. Per lo stesso motivo non gioverebbe il dire che le correnti indotte ordinarie non sono opposte ne' metalli magnetici e diamagnetici, ma tutte dirette per lo stesso verso sul principio dell' azione, e tutte per verso contrario alla fine.

Ma qualunque sia la cagione degli opposti movimenti che assumono i corpi sotto l' azione della calamita, le loro relazioni colla rotazione artificiale e naturale del raggio lucido polarizzato forniscono un soggetto degno d' ogni nostra considerazione.

Scelti due mezzi diafani dotati della porprietà rotatoria artificiale, il vetro pesante, a cagion d' esempio, ed una soluzione di vetriolo verde, noi sappiamo che una data linea di forza magnetica genera la ripulsione dell' uno e l' attrazione dell' altra: e tuttavia questa medesima linea di forza magnetica, che produce effetti opposti sulle particelle ponderabili dei due corpi, fà girare nello stesso verso il raggio polarizzato di luce.

Il parallelo esteso ai corpi che posseggono naturalmente la proprietà rotatoria diventa anche più interessante.

Una soluzione di ferro, per esempio, si dirige secondo la linea assiale, un cristallo di quarzo secondo l' equato-

riale; la soluzione non opera punto naturalmente sulla luce polarizzata, ed il cristallo sposta il piano di polarizzazione del raggio lucido a destra o a sinistra dell' osservatore. Nondimeno sì l'uno che l' altro corpo attuato dalla forza magnetica esercita precisamente la medesima azione rotatoria sulla luce polarizzata. Siffatta azione è indipendente dalla rotazione naturale del quarzo, e ne differisce per un carattere importantissimo; poichè il quarzo non opera naturalmente sulla luce che sviando il suo piano di polarizzazione a destra, o a sinistra, dell' osservatore; e sotto l' azione della forza magnetica, esso produce ambe le deviazioni, secondo la direzione del raggio lucido rispetto ai poli della calamita. Due pezzi di quarzo, i quali posseggono naturalmente le opposte rotazioni danno amendue la stessa rotazione per virtù della forza magnetica. E in tanta varietà di fenomeni ottici, l' antagonismo tra il quarzo, come corpo diamagnetico, e la soluzione ferruginosa, come corpo magnetico, resta invariabile.

L' ugaglianza della proprietà rotatoria artificiale entro due corpi soggetti a movimenti opposti di attrazione e ripulsione non contradice punto l' opinione da noi sostenuta, che la cagione del primo effetto sia una pura conseguenza delle modificazioni prodotte, sotto l' impero della forza magnetica, nell' equilibrio atomistico del mezzo diafano: perchè le azioni delle masse possono essere in apparenza affatto diverse dalle azioni molecolari, ed avere tuttavia una sola e medesima origine. I fenomeni della gravitazione, a cagion d' esempio, mostrano che i corpi si attraggono tra di loro: eppure studiando profondamente le leggi delle attrazioni e ripulsioni magnetiche Epino trovava, che le molecole della materia ponderabile sono in uno stato di continua ripulsione; ed il prof. Mossotti dimostrava, colla solita sua chiarezza e semplicità, che queste due azioni contrarie provengono dalla medesima

forza. Ma senza uscire del nostro subietto, e ritenendo col Faraday la possibilità delle opposte correnti indotte dalla presenza della calamita ne' gruppi atomistici delle sostanze magnetiche e diamagnetiche, è facile il concepire che malgrado l'opposizione de' loro vortici elettrici, le particelle elemenari delle une e delle altre sostanze possono assumere, sotto l'azione magnetica, la stessa direzione rispetto al raggio di luce: siccome vediamo un lato verticale dell'anello mobile d'Ampère recarsi verso oriente se l'elettrico scorre dall'alto al basso, verso occidente se il fluido cammina dal basso all'alto; ed in ambi i casi l'anello disporsi perpendicolarmente al meridiano magnetico.

La costanza dell'effetto ottico nelle sostanze le più opposte per l'antagonismo delle loro fisiche proprietà non giustifica dunque la conseguenza che vi sia una relazione diretta tra la forza magnetica e la luce, come lo vorrebbe l'autore (1).

E considerando la quistione sotto un punto di vista generale, noi abbiam continuamente sott'occhio le variazioni che succedono nell'attitudine de' corpi a trasmettere o ad intercettare i raggi lucidi: vediamo molte sostanze opache farsi diafane cristallizzando: altre, limpide e trasparenti, intorbidire per l'azion del calore, e viceversa.

Da questi fenomeni risulta per noi la certezza che una semplice modificazione nell'interna struttura del corpo basta per cambiare le sue attenenze colla luce: e siccome tra le forze capaci di produrre così fatte modificazioni vi stan pure degli agenti imponderabili, noi abbiam qualunque più legittimo motivo per inferirne che il magnetismo

(1) That magnetic force acts upon the ray of light always with the same character of manner and in the same direction, independent of the different varieties of substance, or the states of solid or liquid, or their specific rotative forces, *shows that the magnetic force and the light have a direct relation.* (Faraday. Exp. res. in electr. 19 Series §. 2224.)

operi nella stessa guisa; e che pertanto il nuovo fenomeno ottico scoperto da Faraday derivi da una semplice alterazione passeggiera nelle condizioni molecolari dei corpi.

Ma quali sono le basi, veramente salde, su cui poggia l'opinione della pretesa relazione diretta tra la forza magnetica e la luce? Noi non sappiam vederne alcuna.

È notabile che un corpo, solido o liquido, nel convertirsi in fluido elastico perda tanto la proprietà di essere attratto o respinto dalla calamita, quanto la proprietà di operare magneticamente sul raggio lucido polarizzato; Faraday affermando essersi accertato della nullità degli effetti ottici mediante alcuni apparecchi sommamente poderosi; ed abbiam già veduto, nell'ultimo capitolo, la conclusione negativa dell'autore rispetto all'azione dinamica del magnetismo su qualunque sorta di gas e di vapori. E qui Faraday poteva forse mettere a paraggio questi suoi risultamenti negativi coi dati opposti ottenuti da Biot rispetto ai vapori dell'essenza di trementina, che manifestano la proprietà rotatoria naturale al liquido essendo esplorati entro alcuni lunghissimi tubi: tanto più che siffatte sperienze del Biot venivano in appoggio del sospetto che la nullità apparente degli effetti manifestati dai fluidi elastici sotto l'azione magnetica derivi dalla debolissima densità e dalla poca massa delle sostanze aeree impiegate. Guidato da tale fondatissimo sospetto, il nostro autore si propone di ripetere le sue sperienze sull'etere ridotto allo stato elastico giusta il metodo di Cagniard de la Tour; prevedendo tuttavia grandi difficoltà attesa la grossezza spropositata che debbono avere le pareti dei tubi di vetro onde resistere all'enorme pressione di questo fluido aeriforme.

È possibile, ed anche probabile, che tutta l'atmosfera o una gran mole di questo fluido possegga una virtù magnetica analoga a quella degli altri corpi ponderabili: per

cui tale quistione, che condurrà forse un giorno ad importantissime scoperte per la teorica del magnetismo terrestre, lascia libero il campo alle congetture.

Ma non ci pare ugualmente lecito che quelle stesse sperienze, donde s'arguisce la mancanza assoluta di qualunque indizio reale *od apparente* di magnetismo aereo, vengano addotte come prove di così fatti indizj: e però non possiamo ammettere un periodo del testo che suona, a un dipresso, in questi termini. « Le condizioni particolari del« l'aria, e le sue relazioni cogli altri corpi della natura « fan sì ch'essa dirigesi assialmente nelle sostanze dia« magnetiche, ed equatorialmente nelle sostanze magne« tiche; per cui l'aria apparisce magnetica rispetto alle « prime, e diamagnetica rispetto alle seconde » (1).

Ma se un tubo di vetro pieno d'aria, che assume la posizione equatoriale essendo liberamente sospeso nel campo magnetico, si dirige nell'acqua o nell'alcool secondo la linea de' poli, la stessa direzione assiale, entro l'acqua o l'alcool, succede del pari quando all'aria si sostituisce qualunque altra specie di gas, e segnatamente quando il tubo è perfettamente vuoto: donde avevamo già conchiuso che l'attrazione apparente de' poli della calamita pel mobile è tutta dovuta alla minor forza diamagnetica della materia solida che forma le pareti del tubo, per rispetto alla forza diamagnetica del volume di liquido spostato. Ammessa una volta siffatta spiegazione non possiam più supporre che l'aria *si diriga o sembri dirigersi* nelle accennate sperienze.

(1) The remarkable condition of air and its relation to bodies taken from the magnetic and the diamagnetic classes, *causes it to point equatorially in the former and axially in the latter.* Or, if the experiment presents its results under the form of attraction and repulsion, the air moves as if repelled in a magnetic medium and attracted in a medium from the diamagnetic class. Hence it seems as *if the air were magnetic when compared with diamagnetic bodies, and of the latter class when compared to magnetic bodies.* (Faraday Exp. res. in electr. 21. Series §. 2436.)

Ma tranne questa differenza d' opinione, noi siamo perfettamente d' accordo coll' autore in quanto alla conclusione ove lo conducono le sue considerazioni sul *magnetismo apparente dell' aria*; e conveniamo che i fenomeni magnetici e diamagnetici sembrano, per ora, difficili a spiegarsi ammettendo una forza unica, posseduta in diverso grado dalle varie sostanze ponderabili che compongono il globo terrestre. Imperciocchè, supponendo tutti questi corpi magnetici alla maniera del ferro, o tutti diamagnetici, come il vetro e il bismuto, e la varia loro azione dovuta alla maggiore o minor energia magnetica del mobile e dell' ambiente, ci troveremmo in un caso del tutto analogo al moto de' corpi nell' atmosfera. Alcuni, come le nuvole, il fumo, reggonsi ad una data altezza, o salgono; il resto cade: ma nel vuoto, qualunque sostanza scende verso la superficie terrestre. Così, tanto i corpi magnetici, quanto i diamagnetici dovrebbero assumere una direzione unica nel vacuo, e ciò non succede; il ferro disponendosi sempre assialmente sotto il recipiente della macchina pneumatica, ed il bismuto equatorialmente. Dunque le due classi d' azioni non derivano da una forza sola.

Se i fenomeni magnetici si volessero attribuire ad un fluido etereo di egual densità nel vacuo e in qualunque sorta di fluido elastico, condensato nei corpi magnetici e diradato nei diamagnetici, come nell' ipotesi elettrica di Franklino, l' attrazione de' primi e la ripulsione de' secondi verrebbero forse ridotte ad un principio unico. Ma questa ipotesi, nello stato presente della scienza, sarebbe troppo ardita, ed in manifesta contraddizione con alcune teoriche dell' elettro-magnetismo e dell' ottica; e conviene quindi attenerci per ora col Faraday alla prima conseguenza dei fatti, ed ammettere che lo stato diamagnetico sia una condizione diversa, anzi antagonista, di quella che produce i fenomeni del magnetismo ordinario.

Stando alle pure apparenze, la forza diamagnetica si direbbe eccessivamente debole, anche tra i poli delle più

vigorose calamite. Ma qual prova che il movimento generato sia il solo e più importante effetto di essa forza? Altre classi d'azioni verran forse a noi svelate un giorno, che daranno un'idea più imponente della sua potenza. E la scienza ci offre già alcuni esempi di forze concitate, che s'accrescon di molto senz'aumentare per nulla la causa eccitante. Una corrente elettrica trasmessa ad una spirale di rame, per esempio, sotto l'azione d'un cilindro interno di ferro, diventa molto più intensa che nel suo stato d'isolamento. Forse si troveranno più tardi de' mezzi analoghi per aumentare gli effetti apparenti della forza diamagnetica; la quale essendo diffusa naturalmente ne' corpi, non può essere nè insufficiente, nè superflua, e deve anzi avere un uffizio determinato nell'armonia della natura.

Se questa forza si trovasse in relazione intima colla massa intera del globo terrestre, come Faraday non sembra lontano dal crederlo, allora la debolezza degli effetti manifestati nelle sperienze sarebbe appunto dovuta all'esiguità delle masse impiegate.

Ma, quantunque deboli, tali effetti sono sempre immensamente superiori a quelli della gravità osservati in circostanze analoghe. Imperocchè l'esperienza del Cavendish, verificata ultimamente da altri fisici, dimostra che l'attrazione di due masse enormi di piombo per due globetti d'oro o di platino conficcati alle estremità di una leva liberamente sospesa pel suo punto di mezzo, imprime alla parte mobile di questo sistema delle oscillazioni talmente languide che ognuna di esse compiesi in otto minuti circa. E tuttavia la somma di siffatte attrazioni diffuse in ogni punto del globo produce la gravità terrestre, la quale è un semplice caso di quell'immenso potere che regge l'equilibrio dell'Universo!

La materia non può essere modificata dalle forze magnetiche, senza reagire su queste forze. Una calamita co-

munica la virtù magnetica al ferro puro che la circonda: il ferro concentra e dirige la forza della calamita, e la trasporta a maggior distanza. Nella stessa guisa la condizione acquistata dalle sostanze diamagnetiche potrebbe esser quella che trasmette l'azione a traverso il corpo.

Fondandosi su questi principii, e sopra alcune sue ingegnose sperienze intorno all'ufficio del corpo coibente ne' fenomeni delle atmosfere elettriche, Faraday propose, alcuni anni sono, una nuova teorica *d' induzione elettrostatica*, dedotta dalle mutue azioni delle particelle contigue della materia ponderabile. E fin d' allora egli travedeva la possibilità di considerare sotto il medesimo aspetto anche le azioni delle correnti elettriche e delle calamite sui conduttori metallici, cioè a dire, *le induzioni elettrodinamiche*, *magnetiche* ed *elettromagnetiche*: tuttavia non trovando nella materia interposta nessuna condizione speciale alla quale potesse attribuirsi l' effetto presunto, egli si vide costretto ad abbandonare l' argomento. Ma dopo di avere scoperta un azione analoga, esercitata dalle calamite sopra certe sostanze al tutto diverse dalle magnetiche, azione universale, che penetra nei corpi, e li traversa precisamente come le attrazioni e ripulsioni magnetiche ordinarie, ora che le sostanze diamagnetiche non costituiscon più una classe di corpi indifferenti, Faraday insiste con maggior fiducia su queste sue viste teoriche, crede esser probabile che la forza magnetica sia tramandata per virtù di un azione successiva delle molecole ponderabili, e chiede se la condizione particolare che le sostanze diamagnetiche acquistano in presenza delle calamite non è quella stessa che propaga la forza magnetica.

A queste ingegnose idee, che verran forse un giorno confermate direttamente dall' esperienza e definitivamente ammesse dai fisici, noi dobbiamo però opporre presentemente l' inesorabile testimonianza dei fatti; e dire che l' aria non avendo sinora manifestato il menomo vestigio

della virtù diamagnetica, non sapremmo come concepire nella teorica del Faraday la formazione delle correnti indotte in un circuito metallico nudo, isolato, e prossimo ad un altro circuito della medesima specie, le cui comunicazioni colla pila, od altro elettrico motore, vengano per intervalli stabilite ed intercettate.

Qualora si consideri la condizione magnetica della terra nel suo complesso, facendo astrazione dalle sue possibili relazioni col sole, e si ponga mente alla enorme quantità di sostanze diamagnetiche, le quali ne compongono gli strati superficiali: qualora s' abbia presente, che il globo è incessantemente, e per ogni dove, traversato da linee di forza magnetica sufficientemente intense, non possiam dubitare di qualche gran fine propostosi dalla natura nella esistenza di questo stato di cose.

La massima parte delle sostanze costituenti la crosta terrestre appartengono alla classe diamagnetica; e perchè i corpi magnetici producono fenomeni assai più vigorosi in apparenza, non bisogna perciò arguirne, come l' osserva a proposito Faraday, ch' essi dominino totalmente ed annullino l' effetto delle predette sostanze. Primieramente, le grandi masse fluide diffuse sul globo, l' oceano, i laghi, i fiumi, e fors' anche l' atmosfera, eserciteranno senz' alcun contrasto la loro potenza diamagnetica, non contenendo in sè stesse nessuna sostanza magnetica. Quanto poi all' azione diamagnetica delle rocce terrestri, dessa è per avventura più grande di quello che si potrebbe credere. Per distruggere perfettamente l' effetto di questa forza in dieci pollici cubici d' acqua occorrono, secondo Faraday, 48.gr.6 di protosolfato di ferro cristallizzato; ed è veramente maraviglioso il vedere l' acqua dotata di tanta diamagnetica virtù da bilanciare questa gran dose di sale ferruginoso.

Non è dunque improbabile che certe formazioni geolo-

giche posseggano un eccesso di potenza diamagnetica, ed operino in conseguenza.

Quantunque sembri difficile il mostrare sperimentalmente l' effetto del magnetismo terrestre sulle sostanze diamagnetiche, Faraday crede tuttavia essere probabile, teoricamente parlando, che una libbra d' acqua o di bismuto presa sull' equatore magnetico diminuisca di peso essendo trasportata nelle regioni polari; e che l' opposto avvenga per una libbra di ferro, di nikel, o di cobalto (1). Se ciò succedesse realmente, dice Faraday, allora una leva terminata da un lato con una palla di ferro, dall' altro con una palla di bismuto, e sospesa pel suo punto di mezzo, prenderebbe diverse inclinazioni sotto le varie latitudini, e fornirebbe un nuovo strumento per misurare una delle condizioni del magnetismo terrestre.

Noi concediamo esser possibile l' inclinazione della leva del Faraday pel semplice trasporto dall' equatore al polo. Ma non possiamo ammettere che siffatta inclinazione derivi dall' azione delle forze magnetiche terrestri sull' uno e sull' altro metallo.

E veramente; se da un lato la palla di bismuto sarà più o men respinta all' insù giusta il vigore magnetico dominante, e quindi più o men grave; dall' altro la palla di ferro verrà sempre attratta all' ingiù colla medesima energia e come se non fosse fornita di alcuna virtù magnetica (2); dappoichè lo stato magnetico indotto nel ferro dall' azione del globo non è già composto di una forza

(1) Theoretically, however, and at first sight, I think a pound of bismuth or of water, estimated at the equator, where the magnetic needle does not dip, ought to weigh less when taken into latitudes where the dip is considerable; *whilst a pound of iron, nickel, or cobalt, ought, under the same change of circumstances, to weigh more*. (Faraday Exp resear. in electr. 21 series. §. 2449).

(2) L' indole dell' argomentazione, e specialmente l' ultima frase di questo periodo, mostra che facciamo astrazione dai cambiamenti che succedono nella energia della gravità terrestre andando dall' equatore ai poli; i quali cambiamenti sono del tutto inutili a considerarsi: poichè

sola ma di due, l'una attraente, l'altra repellente; e queste due forze più o meno intense, e più o meno inclinate all'orizzonte, sono però sempre uguali tra di loro in qualunque luogo della superficie terrestre.

Valendoci di questo stesso argomento ne dedurremo che i pesi legali di ferro adoperati nel commercio restando uguali, mentre varierebbe la gravità delle sostanze diamagnetiche, si potrebbero avere delle differenze sensibili nella quantità di queste sostanze pesate colle bilancie comuni presso i poli e in vicinanza dell'equatore: le quali differenze verrebbero poi ad alterarsi in tutt'altra maniera, qualora si adoperasse come contrappeso un corpo diamagnetico.

Il mercurio è sostanza diamagnetica, e quindi soggetto a cambiare di peso coll'energia del magnetismo terrestre. Sarebbe pertanto possibile che la colonna barometrica variasse sensibilmente per virtù di questa sola cagione: e che certe irregolarità osservate nelle altezze medie di questa colonna in diversi luoghi situati al livello del mare non derivassero dall'aria, ma dalla terra. Questa considerazione ci sembra meritare tutta l'attenzione dei filosofi.

Se poi la variazione sensibile di peso nelle sostanze diamagnetiche per la pura influenza del magnetismo terrestre venisse realmente confermata dall'esperienza, ne sorgerebbe una nuova cagione d'errore nelle operazioni che servirono alle più precise determinazioni delle unità di peso ne' diversi sistemi di misure: i metalli magnetici, o i composti neutri rispetto al magnetismo, sarebbero i soli da impiegarsi in queste operazioni; e converrebbe rifare tutte le misure di confronto eseguite mediante il vetro,

nella disposizione immaginata dal Faraday le due masse di ferro e di bismuto essendo in bilico alle opposte estremità di una leva liberamente sospesa pel suo centro, le forze dovute all'attrazione della terra non possono cagionare nessuna deviazione dalla orizzontalità.

lo zinco, il rame, l'argento, lo stagno, l'acqua, e tutt'altra sostanza diamagnetica.

E si dovrebbe anche rifare l'altra serie non meno importante delle misure relative alle variazioni della gravità terrestre; poichè i pendoli idonei alla esatta determinazione di questo elemento non dovrebbero contenere, nè rame, nè ottone, nè qualsiasi altra sostanza diamagnetica, ma essere interamente composti di corpi magnetici o neutri. Anzi le oscillazioni d'un pendolo neutro comparate a quelle di un pendolo di bismuto fornirebbero nello stesso tempo, e i dati precisi per conoscere la legge secondo cui varia la gravità alla superficie della terra, ed un mezzo molto più squisito della leva faradiana onde conoscere se le variazioni del magnetismo terrestre influiscono sensibilmente sul peso delle sostanze diamagnetiche.

Noi siamo affatto ignari su tutto quanto si riferisce all'indole de' corpi che trovansi nella parte centrale della terra: ma parecchi motivi c' inducono a crederli ad una temperatura elevatissima. Partendo da questo dato Faraday disse, in altra occasione, che i corpi dovevano perdere ad una certa profondità ogni loro magnetica virtù. Dopo le sperienze descritte in questa seconda parte del suo lavoro, egli riconosce che siffatta proposizione non può più sostenersi. È certo che il ferro, il nikel, e il cobalto sono incapaci di conservare intatte le loro condizioni magnetiche sotto l' azione di un' alta temperatura; ma è pur vero altresì, che recati a qualunque grado di calore, i metalli magnetici ritengono tuttavia parte della loro proprietà di magnetizzarsi per induzione; e che i loro ossidi ed altre combinazioni non alterano il debole valore della propria virtù magnetica per l' influenza delle più elevate temperature alle quali e' possono sussistere.

I corpi magnetici contenuti nell' interno del globo non costituiscono forse una calamita propriamente detta; ma trovansi probabilmente in tali condizioni, da operare co-

me farebbe una massa di ferro attuata dalle correnti elettriche circostanti, o da altre ignote azioni induttrici.

Quanto poi alle sostanze diamagnetiche, si è veduto che il calore non produce su di loro nessun effetto sensibile.

Passeremo sotto silenzio alcune congetture dell' autore sull' equilibrio dell' anello di Saturno, e sull' influenza dell' atmosfera nell' ipotesi che la radiazione solare contribuisse al magnetismo terrestre, e che l' aria in moto operasse sulla luce trasmessa; tali congetture sembrandoci mancare presentemente di base sperimentale, ed essere pertanto del tutto immature.

Ma nel terminare questa nostra qualsiasi analisi delle nuove scoperte del Faraday, dobbiamo dichiarare apertamente i sentimenti di maraviglia e di ammirazione in noi destati dagl' importantissimi ed inaspettati fenomeni descritti nelle tre memorie del sagacissimo fisico inglese; e protestare solennemente contro ogni sinistra interpretazione che si volesse attribuire alle nostre critiche osservazioni.

A chi si slancia coraggiosamente nelle immense e tenebrose regioni dell' ignoto son certo permesse le idee ardite, grandiose, fantastiche, che lo inanimiscano all' impresa, e gli siano come guide nell' arduo cammino; anzi siffatte idee sono tutte da commendarsi quando menano alla scoperta di nuovi veri: ma raggiunto lo scopo, giova sottoporle a rigoroso esame, che le venga purgando da qualunque deduzione illecita, e che ritenendo le sole deduzioni legittime, v' aggiunga nello stesso tempo quelle conseguenze più o men dirette de' fatti, le quali fossero per avventura sfuggite alle meditazioni dell' inventore. Noi abbiam tentato questa difficile indagine relativamente alle prefate memorie: e se la conoscenza delle deboli nostre forze intellettuali allontana da noi le speranze di felice successo, la coscienza ci rassicura almeno sulla eccellenza delle intenzioni.

NOTIZIE SCIENTIFICHE

Si continua in Francia a ripetere le stesse esperienze di Faraday, di cui già abbiamo reso conto, e a pubblicare delle memorie che non contengono alcun nuovo fatto.

Ci crediamo perciò dispensati dal parlarne e ci limitiamo a notare un errore in cui alcuni di quei Fisici sono caduti.

Haldat e Ed. Becquerel hanno visto come Coulomb, Becquerel padre e molti altri che vi erano dei corpi che presi in forma d'ago e messo fra i poli di una forte calamita a ferro di cavallo si disponevano in una linea perpendicolare all' asse magnetico dei due poli. Da questo fatto partono per distruggere la divisione fatta da Faraday dei corpi magnetici o diamagnetici, secondo che si mettono *assialmente*, o equatorialmente fra i due poli.

Per quanto sia a desiderarsi che da nuove esperienze venga confermata questa divisione, non è perciò a lasciarsi correre di distruggerla fondandosi sopra una considerazione incompleta dei fatti ultimi di Faraday.

È vero che alcuni corpi mettonsi equatorialmente allorchè contengono sparse nella loro sostanza poche particelle di ferro, nel quale caso prendono il magnetismo che può dirsi *trasverso*.

Ecco un esperienza che noi pure facemmo sin dai primi tempi dell'annunzio delle scoperte di Faraday colla speranza d'interpretarle senza immaginare i corpi diamagnetici.

Prendendo un cilindretto di cera, se vi si fissano sopra delle palline o dei cubetti di ferro dolce in modo che

sieno ad una distanza l' uno dall' altro di 3 o 4 volte o più il loro diametro o grossezza, si vedrà il cilindro mettersi equatorialmente fra i due poli.

Se poi s' aggiungono altri di questi cubetti o palline a modo che gl' intervalli diminuiscono, si vede a poco a poco il cilindro, passare dalla posizione equatoriale alla solita lungo l' asse dei poli.

Nè è difficile di spiegarsi queste differenze: sinchè i pezzetti di ferro sono molto distanti l' uno dall' altro, agisce il sistema per il magnetismo trasverso di ognuno di loro, che è in fine il magnetismo solito nell' asse dei poli: a misura che i pezzetti s' avvicinano, le azioni magnetiche dell' uno sull' altro lungo l' asse del cilindro della cera, crescono sino a dare al sistema due poli all' estremità come a un filo tutto di ferro e di cui l' intensità è per conseguenza più forte assai dei poli di ogni pezzetto.

Ma il fatto che si tratta di spiegare è quello della ripulsione del bismuto e di tutti i corpi diamagnetici da ognuno dei poli.

Ecco ciò che costituisce la differenza fra i corpi magnetici e i diamagnetici.

Rimane piuttosto con forti calamite a stabilirsi con misure il posto dei corpi gassosi nella serie dei gradi di proprietà, essendo sempre possibile d' intendere che il bismuto è respinto perchè è più di esso attratta l' aria di cui occupa il posto.

Benchè io abbia visto riescire quest' esperienze nel vuoto delle nostre macchine pneumatiche, conviene per risolvere la questione, misurare questi fenomeni.

C. Matteucci.

Sulle equazioni applicabili alla luce sotto l' azione del magnetismo di G. B. Airy.

L' oggetto di questa memoria è di mostrare quale deve essere la forma delle equazioni esprimenti i movimenti delle particelle del vetro o d' altro corpo trasparente assoggettato al magnetismo o quelli dell' etere interposto, onde spiegarsi colle leggi della meccanica il fatto della rotazione del piano di polarizzazione trovato da Faraday.

Insiste il Sig. Airy da prima sull' importanza della differenza che passa fra il fatto di Faraday e la proprietà nota dei corpi dotati della polarizzazione circolare.

Il raggio luminoso polarizzato che si fa passare successivamente in direzione opposta attraverso al pezzo di vetro, mancando la stessa direzione della corrente, soffre una deviazione nel piano di polarizzazione che nei due casi è la stessa rispetto allo spazio, o opposta rispetto alle espressioni di rotazione a diritta o a sinistra riferite all' occhio dell' osservatore.

Questa differenza è compresa nella legge trovata da Faraday che la rotazione è sempre paralella alla direzione della corrente elettrica. Il Sig. Airy passa ad esporre lo stato della Fisica-matematica sulla teoria della luce; e fa osservare come sia stato scentificamente importante di mostrare che erano meccanicamente possibili, dalle variazioni di velocità nelle molecole vibranti dell' etere secondo il periodo della loro distillazione, che anche le vibrazioni trasverse erano meccanicamente posssibili e che lo era pure la separazione dei raggi diversamente polarizzati per effetto della cristallizzazione del mezzo.

E fra i passi i più importanti, dopo i celebri lavori di Faraday, cita Airy quello fatto fare da Mac-Cullagh onde rappresentarsi meccanicamente alcuni dei fenomeni proprii del quarzo.

Assumendo l' ipotesi di Fresnel, che un raggio polarizzato può considerarsi formato di due raggi polarizzati

circolarmente in piani rettangolari fra loro, cioè uno a diritta l' altro a sinistra, e che la rotazione del piano è prodotta dalla differenza della velocità dei due raggi polarizzati circolarmente assunta nel nuovo mezzo, partendosi dall' equazioni stesse di Fresnel, e modificando quelle di Mac-Cullagh giunge l' A. ad esprimere come nel caso dell' azione della calamita tenuta costante debba il raggio soffrire la stessa deviazione rispetto allo spazio facendo entrare il raggio in direzioni contrarie.

Per interpretare meccanicamente il fatto trovato da Faraday, le equazioni poste da Airy porterebbero ad ammettere che « la forza che agisce sopra una molecola « nella direzione di un ordinata, influisce sopra la sua « velocità nella direzione dell' altra ordinata ».

Nulla abbiamo in meccanica che *a priori* mostri che questo principio può credersi; ma nulla vi è neppure che provi essere esso impossibile. C. M.

Osservazioni ed esperienze dei Sigg. Scoresby e Soule sul potere meccanico del magnetismo, del vapore e dei cavalli.

Le esperienze erano fatte trasmettendo la corrente di alcune coppie di una pila di Daniell a forza costante, in un apparato o macchina elettro-magnetica rotante, e nel filo di una bussola delle tangenti. Gli A. avevano così la forza della corrente e da questa la quantità dello zinco ossidato e il potere meccanico sviluppato nella macchina espresso dal numero delle libbre innalzate ad un piede in un dato tempo. Partono gli A. dall' ammettere per dimostrato: 1.° che il potere meccanico della macchina elettro-magnetica è ottenuto a spese del calore dovuto alla reazione chimica che si produce fra gli elementi della pila; 2.° che se un grano di zinco ossidato nella pila di Daniell fosse tutto convertito in potere meccanico, si avrebbe un effetto misurato da 158 libbre innalzate ad un piede d' altezza.

Non possiamo astenerci dall' osservare che sarebbe a desiderarsi che questi dati fossero più estesamente dimostrati dall' esperienza.

In tutte le loro esperienze determinano colla bussola l' intensità della corrente, prima che la macchina sia in azione e quindi lo zinco consumato in un dato tempo: poi trovano quest' intensità allorchè la macchina è in azione.

Chiamata a l' intensità della corrente quando la macchina non agisce, b quest' intensità per la macchina in azione, si trova che l' effetto meccanico espresso in libbre innalzate ad un piede per il consumo di un grano di zinco è $X = \frac{158\ (a - b)}{a}$.

La media di un certo numero d' esperienze dà $X = 80$ libbre innalzate a un piede d' altezza per ogni grano di zinco ossidato nella pila.

Questo numero è circa la metà di quello trovato teoricamente, supponendo sempre che l' origine del potere meccanico della macchina elettro-magnetica sia il calore svolto nell' azione chimica della pila.

È a notarsi che il numero trovato non differisce molto da quello dedotto dal Prof. Botto da altre esperienze.

Il Sig. Scoresby e Soule terminano paragonando gli effetti dell' azione chimica nella macchina elettro-magnetica con quelli che si hanno nella macchina a vapore e negli animali.

Un grano di carbone bruciando può scaldare una libbra d' acqua di $1^0,634$. Per cui la *vis viva* sviluppata dalla combustione di un grano di carbone potrebbe innalzare 1335 libbre all' altezza di un piede. Ora nelle migliori macchine a vapore si riesce, a quanto dicono gli A. ad innalzar colla stessa quantità di carbone il solo peso di 143 libbre, cioè si ha un effetto che è $^1/_{10}$ del teoretico rimanendo allo stato di calore gli altri $^9/_{10}$.

Un cavallo può innalzare in un giorno un peso di 24000000 libbre a un piede d' altezza, per cui determinato il carbonio dei suoi alimenti, ne viene che un grano di carbone produrrebbe nel cavallo un effetto espresso di 537 libbre innalzate a un piede, cioè un quarto dell' effetto dedotto dalla teoria.

Questo risultato, d' accordo con quelli da me dedotti e per altra via, sarebbe sempre a dimostrare la grandissima perfezione della macchina animale. C. M.

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Maggio dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR.	ELETTRICO
1	765,55	+ 17,6	61	765,60	+ 19,8	56	764,80	+ 20,6	57	765,40	+ 16,0	64	+ 20,0	+ 8,0	Bello	E - SE	
2	768,80	17,0	63	767,75	18,6	60	767,20	18,0	63	766,40	15,8	78	21,0	8,0	Bello	S - SE	
3	765,50	17,0	60	764,30	18,8	54	764,10	18,0	58	763,80	14,4	78	20,5	9,0	Bello con qualche nuvolo	E	
4	761,60	16,6	80	761,35	18,8	78	760,35	18,0	80	760,70	14,8	92	21,5	8,5	Bello	N - NE	
5	762,25	17,8	86	762,10	19,8	78	761,35	19,6	73	760,75	15,4	88	20,0	9,0	Bello	NO	
6	761,20	17 3	83	761,30	21,0	76	760,50	20,6	68	760,25	16,6	86	20,5	10,0	Nuvoloso	O - SO	
7	760,53	19,2	79	760,25	22,0	68	759,70	21,0	63	759,60	16,2	88	21,5	11,5	Nuvoloso	O	
8	759,75	18,4	86	759,35	20,2	83	759,60	18,8	85	759,35	15,6	95	22,5	12,0	Pioggia ad intervalli	E - SE	
9	759,75	18,8	84	759,75	20,2	83	759,75	20,0	83	759,85	16,2	90	21,5	12,0	Pioggia	NO	
10	762,35	21,4	73	762,50	23,8	60	762,35	23,8	70	762,70	19,0	80	25,0	12,0	Bello	E	
11	765,40	20,6	78	765,30	23,0	73	765,30	23,0	74	764,40	18,8	88	24,3	11,0	Bello	N - NE	
12	765,15	20,6	81	765,65	22,6	73	764,10	22,0	73	763,65	18,4	78	23,4	11,0	Bello	NO	
13	760,00	19,9	90	758,20	18,5	92	756,60	17,5	90	756,80	15,2	84	23,5	13,0	Pioggia con tuoni	SO	
14	756,20	17 6	79	756,40	18,6	76	756,55	18,0	73	757,25	16,2	82	20,0	11,0	Bello con qualche nuvolo	O	
15	758,60	16,6	86	758,15	18,0	86	756,75	20,0	83	757,20	18,2	86	19,5	10,0	Coperto	O	
16	756,50	21,6	66	756,20	20,6	68	756,15	19,6	70	755,75	18,0	86	22,0	12,0	Coperto	SO	
17	757,20	17,0	87	758,65	19,0	78	759 20	18,8	80	758,75	15,4	88	24,5	10,0	Pioggia con grandine	O	
18	759,80	17,8	82	761,15	19,6	79	761,85	19,8	75	761,75	16,6	86	20,0	12,0	Qualche nuvolo	NO	
19	762,65	18,8	84	762,85	19,6	80	763,40	20,2	77	763,90	16,8	84	20,0	10,5	Pioggia	N	
20	764,75	19,8	77	765,15	19,8	73	764,65	20,0	74	764,50	15,2	86	22,0	12,0	Bello	E	
21	763,75	18,8	76	763,15	21,8	68	763,20	21,4	78	762,50	17,4	90	20,5	9,0	Bello	E - SE	
22	762,55	21,8	80	762,70	26,8	65	762,35	24,0	71	764,10	17,4	84	22,5	11,0	Bello	E	
23	765,80	24,2	76	765,80	25,6	73	765,76	26,2	66	766,15	20,8	86	27,0	12,0	Bello	N	
24	766 75	24,8	75	766,90	27,0	66	766,80	26,8	64	766,15	20,2	77	28,0	14,0	Bello	E	
25	765,20	23,2	73	764,75	25,4	75	764,75	26,0	71	764,65	19,6	80	17,5	14,0	Bello	NE	
26	763,65	24,0	78	763,80	26,0	73	763,10	25,2	70	762,65	21,2	91	26,0	13,5	Bello	NE	
27	762,50	24,2	75	762,65	25,8	73	762,00	24,4	78	761,90	20,2	91	26,0	13,0	Bello	O	
28	760,70	21,4	83	760,25	22,8	84	759,30	23,0	82	759,10	19,8	88	27,5	13,0	Nuvoloso	O	
29	762,10	21,4	64	763,25	23,8	56	762,25	22,4	60	763,10	18,4	57	23,5	12,5	Bello	SE	
30	768,35	20,4	60	768,45	22,8	57	768,25	21,8	58	768,30	18,2	59	24,0	10,0	Qualche nuvolo	S	
31	765,80	23,8	76	765,75	24,2	75	765,60	24,0	74	765,25	20,4	84	23,0	10,0	Nuvoloso	NO	
1	762,71	+ 18,1	75	762,42	+ 20,3	69	761,97	+ 19,8	70	761,88	+ 16,0	83	+ 21,4	+ 12,4	. . Media dal 1.° al 10 + 18,5	Pioggia in cent.	
2	760,62	19,0	81	760,77	19,9	78	760,45	19,9	77	760,39	16,9	85	21,9	13,2	. . Media dagli 11 ai 20 18,9	Terraz. 5,62	
3	764,96	23,1	75	762,95	24,5	72	764,69	24,1	71	764,65	19,8	82	23,6	13,9	. . Media dal 21 al 31 22,9	Campan. della Primaz. 5,13	
	762,76	20,0	77	762,04	21,6	73	762,37	21,3	73	762,40	17,6	83	22,3	13,8	. . . Media del mese + 20,1		

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Giugno dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR	ELETTRICO
1	768,20	+ 21,6	74	768,95	+ 23,4	65	767,75	+ 23,4	58	768,25	+ 19,0	76	+ 23,5	+10,2	Bello	NO	
2	769,25	20,8	57	769,20	21,8	56	768,60	22,4	58	768,20	17,4	76	24,5	10,0	Bello	NO	
3	769,10	21,8	71	768,65	22,8	74	768,80	24,0	68	768,25	19,8	84	24,5	11,0	Bello	NO	
4	766,40	13,4	63	767,70	23,4	69	766,50	23,0	61	766,70	20,4	84	27,0	11,0	Nuvoloso	N	
5	766,25	23,4	76	765,85	26,0	55	764,85	25,2	62	764,75	21,4	84	25,7	12,0	Nuvoloso	NE	
6	763,10	25,2	74	763,30	25,6	70	762,55	24,8	63	763,90	20,4	83	26,6	13,5	Bello	N - NO	
7	764,40	22,8	84	764,10	25,2	72	764,35	25,4	74	764,80	21,0	86	26,0	14,0	Bello	O	
8	765,30	23,4	80	765,35	25,4	78	765,20	24,4	88	765,35	20,4	80	26,0	14,0	Bello	O	
9	7 3,40	23,4	81	762,70	26,0	68	762,30	24,0	81	761,12	18,8	95	25,5	13,5	Qualche nuvolo	O - SO	
10	760,85	21,8	80	760,70	24,0	73	761,60	20,8	84	762,15	19,2	90	26,5	12,5	Bello	O	
11	766,10	25,2	88	765,85	27,0	63	765,70	26,4	72	767,50	21,4	74	25,2	12,2	Nubi sparse	E	
12	767,00	27,0	62	767,20	28,2	58	767,30	27,8	55	767,30	22,8	74	27,7	13,5	Nubi sparse	E - NE	
13	766,20	25,4	70	765,70	26,4	64	765,20	24,6	73	765,25	21,2	84	28,7	14,0	Bello	O - NO	
14	766,25	24,8	80	765,40	27,4	70	764,80	25,7	80	764,40	20,8	88	27,5	14,0	Bello	O - NO	
15	765,30	23,4	85	765,40	26,2	75	765,90	26,3	77	764,85	24,6	85	27,5	15,0	Qualche nuvolo	SE	
16	766,35	25,8	76	766,80	26,3	67	766,65	28,6	61	766,65	24,5	78	26,0	15,0	Bello	S - SE	
17	768,15	28,0	60	768,75	27,2	65	769,10	26,5	72	768,30	24,5	78	28,5	15,0	Nubi sparse	SE	
18	768,60	27,5	70	766,75	26,6	74	766,35	26,3	79	765,90	24,0	85	28,5	15,0	Nubi sparse	O - NO	
19	765,65	26,5	77	765,75	28,0	70	764,10	27,5	72	765,35	25,0	88	27,8	14,0	Bello	NE	
20	764,20	28,0	79	764,20	27,0	82	763,90	27,5	74	764,10	24,5	86	22,5	15,0	Bello	O - ON	
21	765,10	27,0	79	765,20	27,0	77	765,10	26,8	76	765,45	24,4	86	28,5	15,0	Bello	O - ON	
22	766,65	27,5	78	766,60	28,3	73	765,45	28,0	70	765,25	25,2	85	27,0	14,5	Nubi sparse	NO	
23	764,15	25,3	81	765,15	20,4	83	762,20	26,0	85	761,65	24,0	90	28,3	15,0	Forte temporale	N	
24	758,95	25,9	74	759,35	25,6	73	758,65	25,0	76	759,40	22,0	83	28,0	14,0	Qualche nuvolo	O	
25	760,35	25,8	75	760,70	26,3	76	760,65	26,6	71	760,85	23,8	87	25,5	15,0	Qualche nuvolo	E	
26	762,65	27,0	74	763,23	27,4	72	762,50	26,3	78	762,30	24,8	90	27,0	16,0	Bello	N - NO	
27	762,10	28,8	61	762,10	28,4	65	760,15	28,0	69	760,50	26,0	88	28,2	15,0	Bello	SO	
28	762,50	27,0	78	763,80	27,4	73	762,70	27,4	72	764,50	23,4	85	28,8	17,0	Bello	O - ON	
29	763,30	27,0	78	765,15	28,5	79	765,40	26,4	80	764,75	24,0	90	27,5	14,0	Bello	O - ON	
30	764,30	29,0	74	764,15	28,0	78	764,40	28,6	73	761,60	24,4	84	28,5	15,0	Bello	O	
1	765,62	+ 22,6	74	765,65	+ 24,5	68	765,25	+ 23,9	89	765,34	+ 19,7	71	+ 25,6	+15,2	. . Media dal 1.° al 10	+22,7	Pioggia in cent.
2	766,28	26,2	75	766,18	27,0	68	765,90	26,7	74	765,96	23,3	82	27,0	17,7	. . Media dagli 11 ai 20	25,5	Terraz. 0,17
3	763,20	27,0	75	764,54	26,7	75	762,72	26,9	76	763,62	24,2	87	27,7	18,7	. . Media dal 21 al 30	26,2	Campan. della Primaz. 0,14
	764,70	25,3	75	765,46	26,0	70	764,62	25,8	79	764,97	22,4	80	26,8	17,1	. . . Media del mese	+ 24,8	

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Luglio dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saus. surre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR.	ELETTRICO
1	763,25	+ 26,6	73	765,50	+ 27,6	76	764,80	+ 27,5	73	764,65	+ 24,6	84	+ 28,5	+16,5	Qualche nuvolo	O	
2	765,30	26,6	76	765,40	27,4	78	765,15	27,2	76	765,30	25,0	85	27,5	16,5	Bello	O	
3	767,35	27,4	57	767,65	29,0	56	767,15	27,6	63	767,35	24,6	84	28,0	15,0	Qualche nuvolo	NE	
4	768,30	27,6	63	768,20	29,7	55	767,65	30,0	55	767,65	26,4	70	29,0	14,0	Bello	NE	
5	767,55	27,7	65	766,80	29,0	60	766,15	28,6	61	765,70	25,6	75	30,5	17,0	Bello	N - NO	
6	765,70	28,5	72	765,50	29,3	60	765,75	29,0	66	764,40	25,0	78	29,5	16,5	Bello	N	
7	763,60	28,0	74	763,75	28,0	65	763,20	27,0	66	763,50	23,5	80	29,0	16,0	Bello	O	
8	764,55	26,0	75	765,35	27,5	72	765,10	27,8	72	764,75	23,0	87	28,0	13,0	Bello	O	
9	765,15	27,5	74	765,10	27,5	72	764,50	28,5	66	764,10	26,5	86	27,0	15,0	Bello	O	
10	765,15	28,2	74	765,20	29,4	70	764,35	28,0	75	764,40	25,0	90	28,0	14,0	Bello	E	
11	764,35	29,0	72	764,30	28,0	79	763,25	28,5	80	763,55	26,0	85	28,5	16,0	Nubi sparse	SO	
12	762,60	28,0	85	763,40	28,5	60	763,85	30,0	55	764,55	25,8	78	28,5	16,0	Nubi sparse	E	
13	767,50	28,3	58	766,75	29,4	56	766,40	28,8	58	765,60	24,0	78	29,0	15,0	Bello	E	
14	766,40	27,2	75	766,55	29,0	65	767,20	29,4	61	766,50	24,2	80	29,5	16,0	Bello	E	
15	766,25	28,2	76	766,15	29,2	68	765,30	28,4	67	764,75	26,4	79	29,5	16,0	Bello	N	
16	764,65	23,3	90	761,15	28,0	86	760,65	29,4	68	759,80	24,2	85	29,0	16,0	Pioggia forte con Fulmini	N	
17	757,70	28,2	78	756,70	28,2	73	756,25	30,2	68	752,65	23,4	88	28,5	16,0	Qualche nuvolo	NO	
18	757,25	25,2	76	759,15	26,4	70	760,80	23,2	70	763,10	22,2	83	29,5	13,5	Temporale con Fulmini	O - NO	
19	765,60	24,4	80	766,10	28,4	65	766,20	28,1	63	766,75	23,2	84	26,0	13,0	Bello	NO	
20	767,20	28,0	66	767,50	28,2	64	767,20	27,4	68	767,10	22,4	80	27,5	14,0	Bello	NO	
21	766,15	27,0	76	765,20	29,0	74	764,35	27,3	75	764,15	23,0	84	29,0	15,0	Bello	O	
22	763,30	28,2	78	762,35	30,1	70	762,60	29,2	68	763,65	24,2	90	28,0	16,0	Bello	O	
23	764,50	28,0	85	763,60	30,4	78	763,70	29,0	80	764,40	24,4	90	31,0	16,5	Bello	NO	
24	765,35	28,3	80	765,40	30,2	78	765,15	29,3	73	764,75	23,4	88	30,5	18,0	Bello	NO	
25	764,80	29,1	70	764,60	31,0	68	764,40	29,3	71	763,40	23,0	90	30,0	16,0	Bello	O	
26	762,60	29,3	69	763,35	30,3	68	761,90	30,2	70	763,25	24,7	84	30,0	16,0	Nubi sparse	N	
27	765,60	26,4	63	765,80	28,2	53	766,15	27,4	46	766,90	22,3	60	30,0	15,5	Bello	SE	
28	767,20	26,2	58	766,55	27,3	56	765,95	26,4	60	765,15	22,0	80	28,0	15,0	Qualche nuvolo	NO	
29	764,85	26,4	60	764,25	27,4	64	763,75	27,2	68	763,35	22,3	84	27,0	13,0	Bello	O - NO	
30	764,15	26,2	76	764,15	28,3	68	763,40	27,3	63	763,25	23,0	86	27,5	14,0	Bello	O	
31	763,60	26,4	80	763,25	27,2	73	762,90	26,4	68	762,50	24,0	83	27,5	14,0	Bello	O	
1	765,79	+ 27,4	70	765,84	+ 28,4	66	765,38	+ 27,1	63	765,18	+ 24,9	81	+ 28,5	+19,1 . . Media dal 1.° al 10 +26,9		Pioggia in cent.	
2	764,65	27,0	75	763,77	28,3	68	763,71	28,5	65	763,52	24,1	82	28,6	18,9 . . Media dagli 11 al 20 27,0		Terraz. 0,27	
3	764,22	26,9	76	763 89	28,2	70	763,50	27,3	67	763,36	23,6	83	28,3	18,5 . . Media dal 21 al 30 26,5		Campan. della Primaz. 0,24	
	764,89	27,1	74	764,50	28,3	68	764,19	27,6	65	764,02	24,2	82	28,5	18,8 . . . Media del mese + 26,8			

CONDIZIONI DELL' ASSOCIAZIONE

Le associazioni e distribuzioni per Pisa si fanno alla Tipografia di Rocco Vannucchi.

Le associazioni per il resto della *Toscana* si ricevono in *Firenze* al *Gabinetto Scientifico Letterario* di *G. P. Vieusseux*.

Per il resto dell' Italia presso i corrispondenti del Sig. *Vieusseux*.

All'Estero;

Per la FRANCIA, presso *F. Klincksick*. 11. *Rue de Lille* a Parigi.

Per l' INGHILTERRA, presso *Molini*, *King William Street* a Londra.

Per la GERMANIA, presso *T. Fues* di Tubinga.

I prezzi di associazione da pagarsi anticipatamente, sono:

L. 16. — toscane franco di porto per tutta la *Toscana* sino ai confini; e per tutti quelli che fuor di Toscana si contentano di riceverlo per la via economica libraria, i porti e dazj a carico loro;

L. 21. — franco di porto per la Posta, per il *Regno di Sardegna* e lo *Stato Pontificio*, paesi pei quali si può francare.

N. B. Resta ben inteso che fuor che per il Regno di Sardegna, e lo Stato Pontificio, chi chiederà il Giornale per la Posta, si obbliga a pagare tutte le spese postali.

tur
lies in
Lon

he s
h
n

476

Anno IV. 1846. *Settembre-Ottobre*

CIMENTO

GIORNALE

di

FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

COMPILATO

DAI PROFESSORI

MATTEUCCI, MOSSOTTI, PACINOTTI, PILLA, PIRIA,

SAVI PAOLO e SAVI PIETRO

Provando ed osservando

Pubblicato il 13 Settembre

Pisa 1846

Dalla Tipografia di Rocco Vannucchi

Piazza S. Frediano n° 964

SOMMARIO

PACNOTTI Prof. LUIGI, e NICCOLI Dott. GAETANO. Esperienze dirette a determinare le velocità delle molecole fluide prossime, al foro di emissione nell' efflusso dei vasi . . . . . pag. 377

MOSSOTTI Prof. O. F. Considerazioni sulle forze di capillarità e coesione dei liquidi relative alle recenti esperienze dei Sigg. Henry, Donny ed Hager . . . . . « 439

PISTOLESI D. FRANCESCO. Serie di Verni rigidi e di Verni miti, come di State calde straordinariamente e di State fresche, dall' anno 762 all' anno 1845-46 . . . . . » 457

BIBLIOGRAFIA. RIDOLFI Dott. LUIGI. Uber die Baltimore-Ohio-Eisenbahn, und die nordamerika Lokomotive. Wien 1844 . . . . . » 462

Esperienze dirette a determinare le velocità delle molecole fluide prossime al foro di emissione, nell' efflusso dei vasi;

eseguite dal Professore LUIGI PACINOTTI, *e dal Dottore* GAETANO NICCOLI.

I Geometri applicando il calcolo al movimento dei liquidi hanno dovuto ricorrere al sussidio di varie ipotesi, le quali deducevano dal fenomeno fisico con un certo grado di esattezza più o meno approssimato. Supposero in principio che i successivi strati della massa fluida si movessero come tutti d' un sol pezzo lungo una direttrice, e che le respettive velocità dei varii loro punti fossero quasi eguali e in direzione parallela alla direttrice stessa; per cui nel caso dell' efflusso dei vasi da fori scolpiti nelle loro faccie, gli strati risultando orizzontali, ciascheduna molecola di un medesimo strato orizzontale veniva a riguardarsi dotata della stessa velocità. Questa ipotesi però essendo poco corrisposta dal fatto, la teoria non poteva procedere che in un modo lento e vacillante. Le fu pertanto sostituita l' altra della permanenza dei filetti, che consiste nel riguardare la massa fluida in movimento come decomposta in un infinito numero di filamenti di forma inalterabile, lungo i quali le successive molecole si dirigono sempre con leggi determinate. Tale ipotesi naturalissima, la quale comprende ancora quella precedente nel caso che i filetti abbiano andamento parallelo, produsse alla scienza idraulica le più belle speranze di progresso, liberando le molecole fluide da quel vincolo improprio cui l' assoggettava la prima. Ma si doveva conoscere la natura dei supposti filamenti nei varii casi di moto per procedere con tale scorta alle ulteriori ricerche, e ben poco si è fatto fin qui su questo soggetto; onde la teoria dell' efflusso dei vasi in specie, è tuttora costretta ad atte-

nersi al sussidio del parallelismo degli strati: ciò che include l'ipotesi dei filamenti paralelli. Questa circostanza in vero non sarà sensibilmente dannosa per quelle parti del fluido molto discoste dal foro di emissione, in confronto dell'ampiezza del foro stesso; perchè ivi sembra che le differenze di velocità delle varie molecole fluide non sieno apprezzabili: quindi possiamo riguardarvi i filetti disposti in un modo qualunque, ed anche farne astrazione se si vuole. Ma avanzandosi verso il foro le respettive molecole vanno procedendo animate da velocità sempre maggiori e maggiormente fra loro differenti, per cui nel caso che le linee da esse decorse non coincidano coi filetti verticali prima supposti, accaderà d'incontrare una manifesta aberrazione di moto, e saremo costretti di arrestare ogni nostra ricerca. Gl'Idraulici arrestano le loro teorie a certe distanze dai fori di emissione più o meno grandi secondo le ampiezze dei fori medesimi, accennando che al di là di tali limiti accade un gorgo; o sia la corrente del fluido vi forma una conojde molto convergente, di cui insino ad ora non seppesi mai con esattezza determinare la forma, nè i limiti che le si debbono; e molto meno la natura del movimento che vi si effettua. Ma siamo noi certi che tali limiti coincidano con quei punti ove si deve abbandonare la dottrina del parallelismo degli strati? I mezzi grossolanissimi coi quali suol giungersi a farsi idea di tal gorgo, ed a circoscriverne i limiti, ci danno ragionevol motivo di dubitarne.

Noi ci siamo proposti di studiare quest'ultima parte di fluido che rimane non molto distante dal foro, per scoprire, se fia possibile, la natura delle linee di moto delle varie molecole e la legge che regola in esse le respettive velocità; ed abbiamo tentato di conoscere quanto tal porzione che non obbedisce al movimento degli strati paralleli sia estesa. In queste ricerche si è tenuto il solo metodo sperimentale, e le formole che abbiamo stabilite sono

del tutto empiriche. Tre parti ci si presentavano imponentissime su questo soggetto, ma noi non abbiamo inteso a svilupparne alcuna completamente. Il nostro lavoro lo presentiamo come un abbozzato saggio di quello vastissimo che la scienza Idraulica reclama. Verteva la prima parte sulla legge delle celerità nel filetto verticale che corrisponde sul centro del foro scolpito nel fondo di un vaso, il quale abbia sezione sì estesa da potersi ritenere come indefinita rispetto all'ampiezza del foro stesso: e di questa ci siamo più che delle altre occupati. La seconda aveva per oggetto di determinare i filetti nei quali dividesi la massa fluida che circonda il filetto verticale sopra rammentato, e la legge che regola in essi l' andamento delle respettive velocità. A ciò che facemmo relativamente a tale studio, abbiamo unito quel pochissimo che si è studiato nella terza parte, la quale raggiravasi sulla natura del moto relativo al foro in parete verticale.

PARTE PRIMA

§. I.

Del metodo sperimentale per riconoscere le velocità delle varie molecole liquide nell' efflusso dei vasi

In questo primo paragrafo supponendo conosciute le linee percorse dalle varie molecole fluide, daremo un metodo sperimentale per riconoscere le velocità che corrispondono alle molecole stesse in varii dei loro punti, onde determinare con questi dati la legge che vi regola il movimento.

Quando l'efflusso ha luogo per un vaso inesausto, dopo che il liquido ha acquistato un movimento permanente, ciascun punto dello spazio che esso percorre riceve sempre le molecole che vi passano animate di eguali ve-

locità. In tal caso la ricerca delle diverse velocità di una medesima molecola corrispondenti ai varii punti della sua trajettoria, può essere sostituita da quella delle differenti velocità colle quali sono incontrati i punti medesimi da qualunque molecola che vi passa.

A quest' oggetto si trasporti in qualche modo verso il foro d'emissione una pallina perfettamente sferica, di gravità specica minore di quella dell'acqua; procurando che si trovi sempre libera nella direzione del movimento del liquido, e percorra una delle trajettorie delle molecole in moto. Se accaderà che in qualche punto essa venga tratta dalla velocità del fluido, è chiaro che la componente della sua spinta verticale (1) diretta in senso contrario al movimento del liquido, sarà il valore preciso della forza che anima tutte le molecole, le quali percorrono quella trajettoria nell'istante del loro passaggio pel punto medesimo. Variando poi successivamente la spinta verticale della pallina, e facendole sempre percorrere la medesima linea, si potranno determinare di quel numero di forze che vorremo i respettivi punti della trajettoria che gli corrispondono. Ripetute le medesime operazioni sulle trajettorie percorse dalle altre molecole, si giungerà a speculare tutta la massa effluente.

I resultati di queste esperienze si riferirebbero però ad un caso particolare di tutti gl'elementi dai quali può dipendere il valore delle velocità che si cercano; come sarebbero: il carico, il foro per la sua posizione, ampiezza e figura. Ma variando in seguito gradatamente tutti questi elementi, e ripetendo per ciascun caso le medesime esperienze, potremo ottenere tutti i dati che si richiedono per conoscere la legge generale del movimento del fluido.

(1) Si dà tal nome alla forza colla quale la pallina tende ad ascendere nel liquido, attesa la sua minore gravità specifica.

Per passare poi dai valori delle forze che animano le varie molecole fluide a quelli delle velocità che gli corrispondono, ritenendo l'ipotesi assai finora accreditata, che le resistenze dei mezzi contro i corpi solidi nei reciproci loro movimenti agiscano nella ragione dei quadrati delle velocità, potremo valerci della formula seguente

$$(1) \ldots\ldots\ldots v = \sqrt{\frac{z}{k}}$$

in cui v dinota le velocità cercate, z le forze surriferite, e k una costante da determinarsi per mezzo dell'esperienza. Infatti se si consideri la pallina in un punto qualunque della massa liquida in moto, vedesi che nel primo istante agisce con una certa forza z, nella direzione contraria a quella del movimento del liquido; ed il liquido le oppone una resistenza eguale a $k v^2$; quindi essa si deciderebbe a moversi con una velocità dovuta alla forza $z - k v^2$ nella direzione della forza z, ovvero in quella della velocità del liquido, secondochè si avesse $z >$, o $<$ $k v^2$. Nei punti corrispondenti ai diversi valori di z che si ottenessero colle riferite sperienze, la pallina si troverebbe al limite delle due direzioni; dovrebbesi dunque avere $z = k v^2$, e quindi $v = \sqrt{\frac{z}{k}}$; che è la formula (1). Per determinare la costante k, possiamo procedere nel seguente modo. Se si trasporta una pallina simile a quella sopra rammentata ad una certa profondità in un vaso ripieno di liquido in quiete, e si lascia libera a se medesima; essa si solleverà nella direzione verticale con una forza acceleratrice espressa da $\frac{dv}{dt} = z - k v^2$, in cui t dinota il tempo del suo movimento, contato dall'istante di partenza; e le altre lettere hanno lo stesso significao di quello della formola (1). Integrando due volte questa equazione, col mezzo della nota formola

$v\,d\,t = d\,s$, in cui s dinota lo spazio percorso dal mobile, giungesi ad un' espressione fra z, s, t, k, dalla quale potremo facilmente dedurre il valore di k; somministrandoci l' esperienza quelli di tutte le altre quantità.

§. II.

Dell' applicazione del metodo esposto nel precedente paragrafo al caso del foro d' emissione nel fondo del recipiente per le molecole che restano nella verticale corrispondente al foro stesso.

Nel caso che il foro d' emissione sia nel fondo del recipiente che contiene il liquido in efflusso, non v' ha dubbio alcuno che la linea percorsa dalle molecole che sovrastano il suo centro, specialmente se esso è di figura circolare, non sia la verticale.

Per applicare il metodo esposto nel precedente paragrafo alla ricerca delle velocità delle molecole fluide che percorrono questa verticale, abbiamo costruito l' apparecchio che segue.

Un piccolo telajo di figura rettangolare, composto di quattro regoletti di legno, s' introduceva verticalmente nell' interno di un vaso prismatico che avevamo scelto per tenervi il liquido da esplorarsi, in modo che due de' suoi regoli rimanevano orizzontali. Questi due regoli erano così prolungati, che il superiore si appoggiava sui bordi dell' apertura del vaso, e vi si fissava stabilmente a contrasto per mezzo di apposite intaccature, tentando solo di trasportare il piano del telajo in posizione normale alle due pareti laterali del vaso stesso; e l' altro, premeva allora con forza le pareti medesime: onde tutto restava perfettamente immobile. Alla metà di ciascuno dei due mentovati regoli orizzontali, era praticato un foro verticale che trapassava interamente le loro grossezze, e le su-

perficie interne di tali fori erano tutte ricoperte di pelle. Per i medesimi fori passava un tubo di cristallo da barometri, e vi poteva scorrere colla massima facilità di moto lento e regolare; al quale era poi congiunto nella medesima direzione dalla parte inferiore, un filo metallico di moderata grossezza, che si ripiegava verso la fine ad angolo prossimamente retto. L' estremità della parte piegata di questo filo, era guarnita di un anello circolare di raggio poco minore di 3,^{mm}50; di finissimo filo metallico, il quale vi stava applicato in posizione orizzontale, per un gambo molto sottile, in modo che era interamente libero e da essa distante 2^{mm} circa. In prossimità del tubo, si ergeva verticalmente sul regolo superiore del telajo, un quadrello di legno munito di scala in millimetri in una delle due faccie corrispondenti al piano del telajo, lungo la quale scorreva un indice fissato al cilindro di cristallo, quando questo movevasi verticalmente. La lunghezza del tubo unita a quella del prolungamento metallico era tale da poter condurre l' anello sul fondo del vaso, e l' indice applicato presso la sua sommità notava allora sulla scala il numero corrispondente al contatto dell' anello col fondo.

Disposto l' apparecchio suddescritto in una tal posizione che il centro dell' anello potesse corrispondere sulla verticale del centro del foro del vaso, era facile introdurre sotto l' anello stesso una pallina di 7^{mm} di diametro, e quindi facendo scorrere con diligenza il tubo di cristallo, trasportarla in basso, mantenendola sempre sulla medesima verticale. In tal modo, la pallina trovavasi sempre libera nel senso della velocità del liquido, nè l' urto di questa contro le parti circostanti dell' apparecchio, poteva molto disturbare l' azione diretta del mezzo sovra di lei; perchè l' anello era di filo finissimo, e se si aveva cura di tenerlo ben tondo, doveva combaciare totalmente colla sua superficie; e l' estremità del filo metallico a cui il medesimo si applicava, era assai discosta. L' oggetto della scala graduata e dell' indice che

abbiamo rammentati nell' apparecchio, era quello di determinare in millimetri le distanze dell' anello dal foro del vaso, quando veniva abbandonato dalla pallina. Per ottenerle, dovevasi confrontare sulla scala il numero corrispondente al contatto dell' anello col fondo, con quelli che indicava respettivamente l' indice, nei momenti in cui la pallina era tratta dalla velocità del liquido. Ma siccome l' anello ed il suo gambo erano di filo molto sottile, con facilità poteva variare di posizione il piano dell' anello: ciò che averebbe reso erroneo il numero corrispondente al contatto dell' anello col fondo, e quindi erronea la distanza cercata. Affine di evitare questo caso, si fece chiudere ad un assistente il foro d' emissione con un dito, e poi si trasportò in basso l' anello fino ad arrivare al dito medesimo; in modo che girando orizzontalmente il tubo, l' anello vi scorresse sopra con un contatto leggerissimo, il grado del quale fu ad un di presso apprezzato dall' assistente medesimo. Dopo di che misurammo, per mezzo della sopra indicata scala, la piccola distanza che passava dal piano del foro del vaso all' anello. Eseguita poi che si aveva un esperienza, notavamo prima sulla scala il numero dei millimetri che contava l' indice, mentre l' anello stava sempre nel luogo in cui lo aveva abbandonato la pallina tratta dalla velocità del liquido; quindi si trasportava in basso l' anello con diligenza fino a toccare quel dito dell' assistente, con cui aveva già serrato di nuovo il foro del vaso; del che n' avvertiva l' assistente medesimo, e notavamo ancora il numero contato dall' indice sulla scala. La differenza dei due numeri osservati, aggiunta alla distanza dell' anello dal foro nella sua stazione più bassa, era la misura cercata. Affinchè quest' ultima distanza non venisse sensibilmente alterata, avevamo cura che il dito, col quale chiudevasi il foro del vaso, fosse sempre lo stesso; e che non si stancasse di troppo stando molto in disagio, onde non venisse a perdere di sensibilità, e giudicare quindi con errore del grado del contatto coll' anello.

§. III.

Della maniera di formare le palline da porsi sotto l' anello dell' apparecchco descritto nel precedente paragrafo.

Uno dei cardini principali su cui riposa quasi totalmente l' esattezza del metodo adottato nelle nostre ricerche consiste nella sollecita rinnovazione della pallina che serve a specolare il liquido in modo che mantenga lo stesso diametro, la perfetta sfericità, e vada variando di peso. A quest' oggetto le abbiamo costruite di cera alquanto pura. Resa pastosa primieramente la cera per mezzo del fuoco, si formava colle dita una pallina poco maggiore della grandezza richiesta, avendo cura di lasciarvi nell' interno una certa quantità d' aria più o meno grande secondo il peso che le si voleva dare; quindi si continuava ad attondarla sopra il fuoco sempre colle dita, finchè non avesse presa tutta la figura sferica; lochè si otteneva speditamente in grazia del calorico che dilatava l' aria lasciata nel suo interno, e della contemporanea compressione esercitata colle dita alla sua superficie, per quanto era possibile in tutti i sensi, facendola ruotare con molto studio. Dappoi s' introduceva in un foro circolare praticato in una piccola lastra metallica di un diametro eguale a quello che si voleva dare alla pallina, ed in questo, che aveva i bordi assottigliati, si faceva ruotare in tutti i sensi finchè non fosse giunta a combaciarvi nel miglior modo girandola comunque. Quando poi volevasi variare la sua gravità specifica: se essa doveva farsi maggiore, si compenetravano nella sua superficie alcuni piccoli granelli di limatura di piombo, e quindi si rotondeggiava nuovamente col solito cerchietto; se essa invece doveva diminuirsi, allora si forava con una spilla, e chiuso poi il foro alla superficie, con quella poca di ce-

ra che nell' eseguirlo le si era sollevata al margine, si faceva ruotare nell' anello metallico affinchè riassumesse la deformata sfericità. Acquistato un pò d' esercizio in queste operazioni si operava con molta esattezza.

§. IV.

Della maniera di determinare le gravità specifiche delle palline.

I valori delle spinte verticali delle palline che si adoperavano, li abbiamo determinati colla bilancia idrostatica. Trattandosi però di forze piccolissime e di gran momento per noi, faceva d' uopo di usare tutte le diligenze possibili, onde ottenere dei resultati fiduciarj. Nella seguente maniera abbiamo proceduto in questa ricerca.

Una piccola rete metallica di maglia assai fitta stava orizzontalmente immersa in una quantità d' acqua contenuta in un vaso sottoposto ad uno dei piattelli della bilancia, a cui era essa applicata per mezzo di un filo, che avevamo scelto di metallo onde non potesse bagnarsi per effetto della capillarità, in quella parte che stava fuori del liquido e così variare di peso; ed era inoltre molto sottile affinchè immergendo più o meno nel piccolo oscillare della bilancia attorno lo stato d' equilibrio, nell' atto che veniva posta in azione, non disturbasse l' equilibrio stesso con accelerare le oscillazioni. Avendosi equilibrata la bilancia allorchè la reticella stava immersa si ponevano sotto alla medesima le palline da pesarsi, procurando di espeller loro tutta l' aria che le si era alloggiata sulle superficie, e si stabiliva nuovamente l' equilibrio. Dalla variazione che avevano subìto i pesi posti nei piattelli nel passaggio a quest' ultimo equilibrio della bilancia da quello precedente, si traeva il valore richiesto. Per equilibrare colla maggior precisione possibile la bilancia ci siamo provveduti di piccolissime misure, le quali

si sono ottenute dividendo in varie parti eguali un sottilissimo filo metallico, e ritenendone il peso equivalente al peso totale del filo diviso per il loro numero.

Tra le palline che abbiamo dovuto pesare ve ne erano parecchie che non producevano effetto sensibile sulla bilancia. Per queste il valore della spinta verticale l'ottenevamo pesandone varie riunite insieme, le quali si costruivano in modo che agissero tutte egualmente sotto la reticella, e dividendo il resultato ottenuto per il loro numero. Affine di riconoscere se le palline che dovevamo preparare per pesarle riunite insieme avevano fra loro eguali le gravità specifiche, si trasportavano per mezzo di un filo metallico convenientemente piegato alla sua estremità destinata a ritenerle, fino a toccare il fondo di un vaso che conteneva dell' acqua in massima quiete ad un altezza costante di 237^{mm}; quindi lasciate libere a loro medesime, osservavamo con un buono orologio che contava i secondi, i tempi che impiegavano a giungere sulla superficie di livello del liquido. Come le palline erano sfere di raggi eguali dovevano percorrere in tempi eguali la medesima altezza di acqua, perchè le respettive gravità specifiche non differissero fra loro.

Tutta la difficoltà di questi sperimenti consisteva nella destrezza che dovevasi avere in distaccare il ritegno dalla pallina quando la lasciavamo libera sul fondo del vaso onde non si alterasse con urti la forza motrice propria alla sua spinta verticale, per combinare che le origini de' suoi innalzamenti corrispondessero esattamente con uno scatto di secondo dell' orologio, e per non produrre alcun disturbo alla quiete del liquido. Di questo mezzo di riscontro ci siamo valsi ancora all' occorenza di costruire alcune palline che dovevano sostituirsi ad altre perdute o guaste, e di correggere quelle che avessero subìto qualchè alterazione di peso.

L' effetto dell' alterazione di peso nelle nostre palline si verificava assai frequentemente, e tanto più quanto le

loro gravità specifiche erano più prossime a quella dell' acqua. Abbiamo osservato che quelle palline che impiegavano a traversare la nota altezza di acqua un tempo minore di 10", le loro gravità specifiche si mantenevano costanti circa un giorno, se non più: quelle i di cui tempi erano compresi tra 10" e 30" circa, variavano di peso con maggior sollecitudine, ma alquanto discretamente: quelle poi che oltrepassavano questo limite, non erano capaci di mantenere costante il peso, che delle frazioni d' ora.

L' espediente di moltiplicare le palline sotto la reticella per ottenere un azione sensibile sulla bilancia non è più utile quando il loro numero dovesse essere alquanto grande, ed è impossibile a praticarsi quando esso dovesse essere grandissimo. Una prima difficoltà in conferma di ciò sembrerebbe, che dovendosi costruire molte palline è più facile d' incorrere in qualche imperfezione notevole di sfericità e disuguaglianza di volume; e resta altresì molto più difficile di sloggiare tutta l' aria dalle loro superficie, nel porle sotto la reticella della bilancia: ciò che porta a questo — che al diminuire del resultato, crescerebbe l' errore sperimentale che lo affetta — D' altronde però tutti gl'errori che sono indipendenti dai difetti delle palline, come sarebbero, la poca sensibilità della bilancia, l' azione della capillarità sul filo metallico che sostiene la reticella, la mite abilità dell' esperimentatore in pesare; nel dividere il peso ottenuto per il numero delle palline pesate, onde ottenere il resultato finale, vengono anch' essi divisi per questo numero, e perciò diminuisce la loro influenza sul resultato medesimo; e tanto più essa diminuisce quanto più è grande il numero delle palline; o sia quanto più è minore il valore cercato. Ritenendo le due circostanze producenti azioni in tal modo contrarie come compensatrici dei loro effetti, questa prima difficoltà rimarrebbe superata.

Quello però che veramente ne osta si è l' avere inconcontrata una difficoltà grandissima nell' aggiustare le pal-

line in modo che traversino la notata altezza di acqua in un tempo assegnato assai grande; circostanza che appunto si combina nel caso del bisogno di molte palline per ottenere azione sensibile sulla bilancia. Tale dificoltà incomincia a manifestarsi per quelle palline che devono percorrere la solita altezza di acqua in tempi poco maggiori di 12, e va poi sempre crescendo al crescere del numero dei secondi che le viene assegnato per fare quel tragitto. Ci siamo ritrovati a passare delle lunghe ore dietro qualche pallina alla quale si voleva assegnare un tempo anche compreso fra 30" e 50"; e finalmente giunti all'intento, la pallina ottenuta non è rimasta costante di peso neppure un ora. Molto maggiori poi erano le difficoltà e la spesa di tempo che s'incontravano per costruire palline corrispondenti a tempi maggiori di questi.

Se l'aggiustare una sola pallina di piccolissima gravità specifica porta a tanta spesa di tempo, che sarebbe il dover preparare tutte quelle occorrenti per poterla pesare? E se le palline aggiustate non mantengono costante la loro gravità specifica che delle frazioni d'ora, come mantenere invariabili le palline costruite le prime, per il tempo occorrente onde aggiustarle tutte? Il sussidio della moltiplicazione delle palline non può adunque assolutamente estendersi, come abbiamo asserito in principio, al di là di un certo limite nella determinazione dei loro pesi specifici, ed incomincia ad essere incomodo, nojoso, lungo e mal sicuro di precisione quando le palline da pesarsi devono traversare l'altezza di 237mm di acqua in quiete in tempi qualche poco maggiori di 12".

§. V.

Dei tempi impiegati dalle diverse palline a traversare l'altezza di 237^{mm} di acqua in quiete, e della formola che collega questi tempi colle respettive spinte verticali.

Nelle nostre sperienze per procedere con sicurezza si è arrestata la determinazione dei pesi specifici alla pallina corrispondente al tempo 12". Dobbiamo però osservare che se non si è saputo giungere alla determinazione sperimentale di pesi piccolissimi, neppure lo esigevano le nottre ricerche. Infatti qual fiducia potrebbesi dare ad un resultato esperimentale proveniente da una pallina la cui gravità specifica fosse vicinissima a quella dell' acqua? la coesione del liquido, le piccole scosse che essa potrebbe risentire nel momento del distacco dall' anello che la trasporta in basso ec. sono tanti forti motivi per renderlo invalido. Le nostre ricerche, relative alla verticale corrispondente al foro d' emissione, le abbiamo limitate alla pallina che traversava la nota altezza di acqua in 32" di tempo, e sebbene da 12" a 32" potessero entrare 20 palline di tempo differente; costruendole in modo da traversare ciascuna la nota altezza di acqua in un numero intero di secondi, non abbiamo creduto poterne adoprare con vantaggio, oltre quella corrispondente a 32", che la sola del tempo 20"; delle quali il peso specifico lo abbiamo dedotto analiticamente, per mezzo di quelli delle altre palline ottenuti colla bilancia.

Nella seguente tavola riportiamo i valori numerici ottenuti per quelle palline, fra le varie adoprate nelle esperienze che si sono potute pesare.

TAVOLA I.

Sulla relazione fra le spinte verticali delle palline, ed i tempi da esse impiegati a traversare l'altezza di 237mm *di acqua in quiete.*

Tempi in secondi	2	3	4	5	6	7	8	9	12
Forze in diecimilles. di gramma	133,00	80,00	53,00	41,67	29,90	21,67	15,00	11,60	9,10

Affine di ottenere dei valori approssimati ancora per le spinte verticali delle palline, respettivamente corrispondenti ai tempi 20" e 32", i quali non si sono determinati colla bilancia, conveniva investigare una formola che rappresentasse i valori delle spinte verticali delle palline pesate, ed i respettivi tempi da esse impiegati a traversare l'altezza dei 237mm di acqua in quiete. A tale oggetto, assumendo le spinte verticali delle palline per ascisse, ed i tempi surriferiti per ordinate, abbiamo costruito graficamente la curva relativa a queste quantità. Essa somigliava un ramo d'iperbola equilatera, di cui gl'assintoti fossero le rette rettangolari che avevamo scelte per assi coordinati: se non che non era simmetrica attorno la retta che divideva per metà l'angolo formato dagli assi medesimi, ma invece accostavasi più all'asse sul quale si contavano i tempi di quello che all'altro su cui contavansi le spinte verticali.

Considerando che al diminuire di queste spinte verticali crescevano i tempi che le respettive palline dovevano impiegare per trascorrere la nota altezza di acqua, e che annullandosi le medesime spinte verticali questi dovevano diventare infiniti; concludemmo essere realmente un asintoto della curva l'asse sul quale si contavano i tempi. Osservando poi che al crescere delle rammentate spinte verticali diminuivano i tempi, ma che questi non poteva-

no ridursi a zero se le spinte non erano diventate infinite, si dovè ritenere come assintoto della curva l'asse ancora sul quale si contavano le spinte verticali. Così la nostra curva non presentava altra differenza dall'iperbola equilatera che la non simmetria surriferita. Dovevasi adunque assumere per la sua equazione quella stessa dell'iperbola equilatera, così modificata che includesse tal condizione. Noi pertanto si assunse l'equazione seguente

$$t z^b = a$$

in cui t e z rappresentano respettivamente i tempi impiegati dalle palline a percorrere l'altezza di 237mm di acqua in quiete, e le loro spinte verticali; ed a, b due costanti, da determinarsi in modo che la formola convenga il più possibile ai resultati esperimentali.

Se di questa equazione se ne prendono i logaritmi dei due membri si ha

$$\log t + b \log z = \log a$$

e facendo $\log a = c$

$$\log t + b \log z = c$$

Determinando le costanti b, c col metodo dei minimi quadrati, trovasi

$$b = o,58 \; ; \; c = 1,60$$

assumendo per unità di tempo il secondo, e per unità di peso il diecimillesimo di gramma.

Abbiamo però osservato che l'equazione meglio sodisfa prendendo

$$b = 0,61 \; ; \; c = 1,65 .$$

Se si sostituiscono questi valori di b, c nell'equazione precedente, si ottiene

$$\log t + o,61 \log z = 1,65.$$

Per conoscere il grado di fiducia che merita questa formula, abbiamo calcolato i valori di z corrispondenti ai valori di t che si leggono nella tavola Ia. I numeri che si sono ottenuti li abbiamo registrati nella seguente tavola, di fronte ai respettivi valori di t; cui sono aggiunti i valori di z che corrispondono alle due palline che traversano l'al-

tezza di 237mm di acqua in quiete respettivamente nei tempi 20", e 32", le quali non furono pesate, calcolati colla formula, che specialmente a quest'oggetto abbiamo stabilita; ed in una quarta colonna le differenze degli altri valori di z, o spinte verticali, calcolati colla formula medesima, dagli analoghi ottenuti dall' esperienza.

TAVOLA II.

Sul confronto dei numeri somministrati dall' esperienza con gli analoghi dedotti dalla formola assunta per rappresentarli.

Valori del tempo t in secondi	Spinte verticali z in diecimillesimi di gramma		Differenze del calcolo dall' esperienza
	ottenute dall' esperienza	dedotte dalla formola	
2"	155,00	162,10	+ 7,10
3"	80,00	81,28	+ 1,28
4"	55,00	52,48	— 2,52
5"	41,67	35,48	— 6,19
6"	29,90	26,30	— 3,60
7"	21,67	19,50	— 2,17
8"	15,00	16,60	+ 1,60
9"	11,60	13,48	+ 1,88
12"	9,10	8,51	— 0,59
20"		3,72	
32"		1,66	

Vedesi che fra le differenze del calcolo dall' esperienza ve ne sono due un pò forti, quelle cioè di 7,10, e di 6,19, ma come esse sono sopra numeri alquanto grandi 162,10 cioè, e 35,48, non restano tanto imponenti, e le altre aberrazioni essendo tutte assai piccole la formula può essere discretamente bene accettata.

§. VI.

Dei resultati esperimentali ottenuti speculando la verticale sul foro d' emissione della massa liquida effluente.

Preparato tutto nel modo che abbiamo esposto si sono intraprese le nostre ricerche. Per avere dei valori più fiduciarii, abbiamo ripetuto più volte le medesime esperienze e si è poi assunta la loro media per resultato finale. Tali ripetizioni, non si facevano sempre di egual numero; quando i resultati parziali erano assai concordi fra loro c' arrestavamo presto, se al contrario essi differivano molto allora si protraevano più oltre.

Le medesime sperienze si sono poi ripetute relativamente a cinque diversi battenti, per conoscere la legge con cui la variazione dell' altezza del liquido modifica la velocità dell' efflusso. Per operare con più speditezza e precisione si sperimentava prima sopra il battente maggiore, quindi diminuendo l' acqua del vaso, passavamo di mano a mano a quelli più bassi; per cui venivano spesso tutti esplorati colla medesima pallina, senza che neppure abbisognasse correggerne la gravità specifica, specialmente se questa era di quelle meno variabili. Per ottenere poi che il carico potesse riguardarsi costante nei nostri resultati, si è avuto cura che nel momento del distacco della pallina dall' anello che la trasportava in basso, l' acqua fosse sempre, presso a poco, alla medesima altezza.

Non abbiamo però considerato che il caso di un solo foro d' emissione, di figura circolare di raggio eguale a $4^{mm},50$; situato nel centro del fondo del vaso prismatico che si adoprava. E le dimensioni del fondo medesimo erano 295^{mm}; 405^{mm}. Nella tavola seguente si riportano tutti i numeri che abbiamo ottenuti non tanto per le medie dei resultati parziali, quanto ancora quelli stessi di ciascheduno di questi resultati, affine di dare maggior conto del nostro operato.

I valori delle spinte verticali delle palline che si leggono in questa tavola sono calcolati colla formula data nel precedente paragrafo. Ad ogni forza corrisponde un certo numero di resultati sperimentali, i quali sono seguiti dalla media respettiva.

TAVOLA III.

Sulla relazione tra i battenti, le spinte verticali delle palline e le distanze dal foro di emissione delle molecole liquide esplorate.

Distanze in millimetri dal foro d'emissione delle molecole liquide esplorate, per un battente di					Forze delle Palline in diecimilles. di gramma
100.mm	220.mm	340.mm	460.mm	580.mm	
10,25	11,75	12,00	13,25	13,00	
9,75	11,50	13,50	14,25	13,25	
10,75	12,50	13,75	14,00	14,00	
10,00	11,75	14,50	14,50	16,00	
9,50	10,50	11,50	11,25	14,50	
		12,50	13,00		
		13,50			
medio 10,05	11,60	13,04	13,38	14,15	162,10
11,60	15,40	15,00	17,30	15,50	
11,75	15,00	13,50	18,30	16,25	
13,10	12,50	15,50	17,00	14,75	
11,85	12,65	12,50	14,50	15,25	
11,85	13,10	14,30	16,80	17,70	
12,00	15,35	14,50	15,00	18,50	
	12,70	14,50	17,00		
medio 12,03	13,81	14,26	16,56	16,33	81,28
14,25	16,75	18,75	21,75	22,25	
13,50	17,50	21,50	21,50	23,10	
14,25	17,50	19,50	19,75	21,50	
14,25	17,50	19,00	21,25	18,75	
14,50		17,50		22,00	
medio 14,15	17,31	19,25	21,06	21,52	52,48
17,75	19,75	22,00	22,25	24,25	
15,10	19,00	19,75	23,25	20,75	
17,00	18,90	20,50	23,10	23,75	
18,00	21,00	23,25	23,75	24,25	
17,75	18,40	22,25	22,75	23,00	
	20,50	21,10	23,00	21,25	
		22,05		24,00	
medio 17,12	19,59	21,56	23,02	23,04	35,48

Segue la Tavola III.

Distanze in millimetri dal foro d'emissione delle molecole liquide esplorate, per un battente di					Forze delle Palline in diecimilles. di gramma
	100.mm	220.mm	340.mm	460.mm	580.mm	
	19,00	22,60	23,20	24,60	25,75	
	18,40	23,20	23,50	23,70	24,85	
	19,45	22,00	24,80	24,00	25,30	
	18,80	22,55	24,35	25,00	25,50	
	19,20	22,50	23,50	25,00		
			23,00	23,45		
				25,00		
				24,60		
medio	18,97	22,57	23,73	24,42	25,35	26,30
	19,50	21,10	24,10	27,50	27,60	
	20,00	20,00	21,30	24,60	31,00	
	20,40	18,80	21,95	27,20	28,60	
	19,90	21,90	25,00	23,70	27,25	
	19,45	22,50	25,35	26,20	29,30	
	19,30	22,65	25,45	27,20	27,90	
		23,10	24,60	26,50	27,20	
		22,85	23,60	23,80		
		22,35		24,00		
				26,80		
medio	19,76	21,69	23,92	25,75	28,41	19,50
	17,50	19,00	21,25	25,75	29,00	
	17,25	20,00	25,75	27,75	29,75	
	17,00	20,00	22,75	24,50	22,75	
	17,00	18,75	23,00	24,25	26,25	
			24,75	28,25	23,25	
					25,50	
					27,50	
medio	17,19	19,44	23,50	26,10	26,29	16,60
	24,90	25,10	27,50	30,90	32,70	
	23,85	25,20	28,60	30,30	32,60	
	23,60	25,00	28,70	30,20	31,80	
	24,00	25,10	28,50	29,30	32,35	
	23,10		27,00	29,60		
	23,80		28,60			
	23,75		29,00			
medio	23,86	25,10	28,27	30,06	32,36	13,48

Segue la Tav. III.

Distanze in millimetri dal foro d'emissione delle molecole liquide esplorate, per un battente di					Forze delle Palline in diecimilles. di gramma
100.mm	220.mm	340.mm	460.mm	580.mm	
24,00	27,40	31,50	32,75	35,10	
23,40	28,40	30,00	34,00	34,50	
23,30	26,40	29,30	33,60	35,50	
24,05	27,50	29,50	32,70	36,50	
24,70	28,50	30,40	33,10	35,90	
	27,00		33,10		
medio 23,89	27,53	30,14	33,21	35,50	8,51
29,40	34,55	36,90	39,40	40,90	
29,60	34,70	36,70	41,00	39,80	
29,65	33,75	37,60	40,00	41,95	
29,40	34,90	37,50		41,50	
	34,40			40,80	
				41,10	
				45,70	
medio 29,51	34,46	37,18	40,13	41,68	3,72
38,40	42,00	46,10	49,00	52,50	1,66

Le sperienze relative alla forza 1,66 non sono state ripetute perchè si eseguivano con moltissima precisione, in grazia della distanza assai grande dal foro d'egresso a cui la pallina si distaccava dall'anello, e della lentezza colla quale si accostava al foro medesimo. In queste sperienze, quando la pallina era giunta al luogo da cui veniva tratta dalla velocità del fluido, si serrava il rammentato foro con un dito, prima che essa uscisse fuori del vaso, e quindi fatta ritornare sotto l'anello si toglieva il dito dal foro con gran lentezza facendovelo scorrere sopra, ed osservavamo se la pallina si distaccava dall'anello stesso nell'istante in cui rimaneva aperto tutto il foro. Se essa movevasi prima, ovvero restava ferma ancora essendo aperto tutto il foro, innalzavamo o abbassavamo un poco l'anello, e quindi si ripeteva la medesima esperienza.

Osservando i numeri di questa tavola ci sembrò scorgere in alcuni di loro poca regolarità per cui entrammo in sospetto d'inesattezza nelle esperienze. Fra i numeri meno fiduciarii noi includevamo alcuni di quelli appartenenti alla forza 52,48, i quali si erano ottenuti dai primi sperimenti. Per convalidare il concepito sospetto ci piacque ripetere le sperienze relative a questa forza: e siccome ciò accadde molto tempo dopo che si erano ottenuti tali resultati, non adoperammo neppure la stessa pallina. Eseguito il riscontro si ottennero i numeri seguenti per le distanze relative ai carichi di

100.mm	220.mm	340.mm	460.mm	580.mm
15,40	17,50	19,10	21,10	21,25
14,90	17,25	19,45	20,70	21,70
14,90	17,20	19,30	20,30	
15,45				
medio 15,16	17,32	19,28	20,70	21,47

Essi come vedesi, nel tempo che hanno acquistata la regolarità non discernibile nei primi non si sono notevolmente da questi allontanati. Sembrerebbe pertanto potersi concludere, che il difetto riconosciuto nei resultati meno concordi della tavola III. è totalmente attribuibile alla minore destrezza che in principio del nostro lavoro si aveva nella pratica esecuzione di queste delicatissime esperienze; e così in certo modo resterebbe costatato, che il cangiamento delle palline e le correzioni delle loro gravità specifiche non portano danno notevole ai nostri resultati.

Dobbiamo avvertire che dei numeri relativi alla spinta verticale 16,60 sono con evidenza erronei i tre che corrispondono respettivamente ai battenti 100^{mm}, 220^{mm}, 340^{mm}, perchè minori di alcuni altri resultati numerici relativi ai medesimi battenti ed a forze più grandi, le quali devono essere, senza dubbio, superate dalla velocità del liquido in vicinanze maggiori del foro; e aberra un poco in egual modo il numero $21^{mm},69$, relativo al battente di 220^{mm}, ed alla forza 19,50. L'aberrazione però di quest'ultimo numero, come pure quella del numero dei primi tre sopra indicati relativo al battente di 340^{mm}, possono trascurarsi come assai piccole; ma quelle degli altri due numeri non sono trascurabili, e sembra propriamente esservi corso qualche errore nella pallina, variandola o modificandola dopo di avere esplorati i tre battenti maggiori; perchè i resultati esperimentali di cui questi numeri sono le medie, si vedono assai concordi fra loro specialmente quelli relativi al carico di 100^{mm}, i quali non differiscono fra loro che di frazioni di millimetro. Ma osservando che fra tutti i numeri della tavola si riscontrano queste due sole aberrazioni attribuibili con evidenza ai difetti delle palline, le possiamo ritenere come accidentali e non considerarle. Vedremo in seguito come la formula assunta per rappresentare i valori numerici

della nostra tavola corregge convenientemente queste aberrazioni.

Si riportano qui appresso alcuni resultati numerici ottenuti da palline di piccolissime forze, esplorando sovra il battente di 240mm. Siccome i tempi che queste palline impiegavano a traversare l' altezza di 237mm di acqua in quiete erano molto grandi, non sono state calcolate le forze che gli corrispondono colla formula data nel paragrafo precedente, per timore d'incorrere in gravi difetti, trattandosi di numeri molto al di fuori dei limiti entro i quali quella formula fu stabilita.

Si pongono perciò di fronte alle respettive distanze dal foro d' emissione dei punti cui sono state tratte le palline dalla velocità del fluido, i tempi surriferiti espressi in secondi

Tempi	Distanze
∞	180mm
140	80
135	80
125	105
120	75.

Il luogo cosrispondente alla distanza 180mm è occupato dal segno ∞ perchè la relativa pallina stava equilibrata in qualunque punto ponevasi della massa liquida in quiete. Questa pallina fu collocata nel vaso sulla verticale sul centro del foro d' emissione, alla distanza da questo di 180mm, e tosto che il liquido concepì movimento fu trattata dalla sua velocità. Gli altri numeri mostrano che al di là di un certo limite non è più applicabile il nostro metodo alla ricerca delle velocità nell' efflusso dei liquidi.

Sembra, come è consentaneo alla ragione, che le velocità a qualche distanza dal foro si succedano quasi

eguali, per cui le piccole cause di ritardo o di acceleramento del distacco delle palline dall' anello producono tutto il loro effetto entro spazj molto grandi. Tutto questo comprova ciò che dicemmo nel paragrafo precedente, all' occasione d' incontrare ostacolo nel determinare le forze piccolissime delle palline.

§. VII.

Della formola che vincola i precedenti resultati, e perciò rappresenta il legame tra i battenti, le forze delle palline e le distanze dal foro d' emissione delle molecole liquide situate sulla verticale sul centro del foro stesso, scolpito nel fondo del vaso che contiene il fluido.

Per investigare una formola che col minor numero di costanti potesse rappresentare le quantità variabili delle nostre sperienze si è creduto conveniente la costruzione di alcune curve con varii dei resultati d' esperienza della tavola III., assumendoli per valori particolari di coordinate scorrenti, le quali ridotte a formule analitiche, e le costanti di queste convenientemente combinate cogli altri resultati esperimentali della medesima tavola non concorsi nella costruzione delle rammentate curve, ci somministrassero il legame fra tutti gli elementi della questione, o sia l' equazione cercata. Nelle nostre sperienze gli elementi variabili sono tre; i battenti cioè, le distanze dal foro d' emissione delle molecole liquide esplorate, e le spinte verticali delle palline. Essendo cinque i battenti considerati, se si prendono a combinare fra loro i resultati esperimentali relativi alle distanze e alle forze, dovremo costruire cinque curve distinte, ciascuna delle quali sarà relativa ad un battente particolare. Eseguendo queste costruzioni si riconoscerebbe che la figura delle curve risultanti somiglia

quella delle logaritmiche. Assumiamo dunque per rappresentare questi cinque casi particolari respettivamente le cinque equazioni seguenti.

$$y = a \log z + b \; ; \quad 100$$
$$y = a' \log z + b' \; ; \quad 220$$
$$y = a'' \log z + b'' \; ; \quad 340$$
$$y = a''' \log z + b''' \; ; \quad 460$$
$$y = a^{\text{IV}} \log z + b^{\text{IV}} \; ; \quad 580$$

nelle quali, y dinota le distanze dal foro d'emissione delle molecole liquide esplorate, z le forze delle palline, e a, b; a', b'; a'', b''; a''', b'''; a^{IV}, b^{IV} dieci costanti da determinarsi nel modo più conveniente, onde le respettive equazioni meglio sodisfino ai resultati sperimentali ai quali si riferiscono; ed i numeri scritti di fronte a ciascheduna equazione, dinotano in millimetri le altezze dei battenti a cui esse respettivamente convengono. Se si determinano queste costanti col metodo dei minimi quadrati, assumendo per unità lineare il millimetro, e per unità di forza il diecimillesimo di gramma, si otterrà

$$a = -13{,}26 \; ; \; b = 37{,}19$$
$$a' = -17{,}48 \; ; \; b' = 46{,}74$$
$$a'' = -17{,}43 \; ; \; b'' = 48{,}02$$
$$a''' = -18{,}10 \; ; \; b''' = 50{,}66$$
$$a^{\text{IV}} = -19{,}30 \; ; \; b^{\text{IV}} = 53{,}59$$

e sostituendo questi valori nelle equazioni precedenti, si hanno le cinque formole che seguono

$$(1) \ldots \begin{cases} y = 37{,}19 - 13{,}26 \log z \; ; \; 100 \\ y = 46{,}74 - 17{,}48 \log z \; ; \; 220 \\ y = 48{,}02 - 17{,}43 \log z \; ; \; 340 \\ y = 50{,}66 - 18{,}00 \log z \; ; \; 460 \\ y = 53{,}59 - 19{,}30 \log z \; ; \; 580 \end{cases}$$

Assumendo adesso per ascisse i battenti e per ordinate i moduli di queste logaritmiche, e tracciando la curva a loro relativa, non tarderemmo a riconoscere che questa pure si avvicina ad una logaritmica. Prendiamo dunque per

rappresentare questi elementi l' equazione seguente

$$M = c \log x + d$$

in cui M dinota i moduli, x i battenti, e c, d sono le due costanti da determinarsi. Applicando il metodo dei minimi quadrati alla determinazione di tali costanti, si ottiene

$$c = 6{,}94 \; ; \; d = 0.$$

Sostituendo questi valori in luogo di c, d nell' equazione precedente, si ha

$$(2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad M = 6{,}94 \log x,$$

il secondo membro della quale è l' espressione analitica dei moduli delle logaritmiche segnate (1), in funzione dei battenti.

Resta ora da esprimere i termini costanti delle medesime logaritmiche; anch'essi in funzione dei battenti. A tale oggetto calcoliamo colla formula (2) i cinque valori di m che corrispondono respettivamente ai cinque battenti registrati di fronte alle logaritmiche segnate (1), e sostituiamoli in luogo dei moduli nelle logaritmiche medesime. Otterremo così le cinque formule che seguono

$$y = c - 13{,}88 \log z \quad ; 100$$
$$y = c' - 16{,}24 \log z \quad ; 220$$
$$y = c'' - 17{,}56 \log z \quad ; 340$$
$$y = c''' - 18{,}46 \log z \quad ; 460$$
$$y = c^{\text{IV}} - 19{,}15 \log z \quad ; 580$$

nelle quali abbiamo posto le costanti indeterminate c, c' c'', c''', c^{IV} in luogo dei termini numerici, a cagione della modificazione che questi devono subire in grazia del piccolo cangiamento sofferto dai respettivi moduli. Determinando queste costanti col metodo dei minimi quadrati, e sostituendo i loro valori nelle respettive equazioni, si hanno quelle che seguono

$$y = 38{,}42 - 13{,}88 \log z \quad ; 100$$
$$y = 44{,}11 - 16{,}24 \log z \quad ; 220$$
$$y = 48{,}17 - 17{,}56 \log z \quad ; 340$$
$$y = 51{,}22 - 18{,}46 \log z \quad ; 460$$
$$y = 53{,}36 - 19{,}15 \log z \quad ; 580.$$

Se assumiamo adesso per ascisse i battenti e per ordinate i termini costanti di queste equazioni, e costruiamo una nuova curva, si riconoscerà che è essa pure una logaritmica. Sia pertanto

$$f = g \log x + h$$

la formula relativa a questa curva, in cui f dinota i termini costanti, x i battenti, e g, h le due quantità da determinarsi col metodo dei minimi quadrati. Eseguendo le opportune operazioni, si trova

$$g = 20{,}51 \quad ; \quad f = 3{,}43$$

i quali valori sostituiti nella equazione precedente, danno

$$(3) \ldots\ldots \quad f = 20{,}51 \log x - 3{,}43.$$

Sostituendo il 2.° membro dell'equazione (2) in luogo del modulo, in una qualunque delle formule segnate (1), ed il 2.° membro dell'equazione (3) in luogo del termine costante, nella stessa equazione, si ha finalmente

$$y = (20{,}51 \log x - 3{,}43) - 6{,}94 \log x \log z$$

che è l'espressione cercata. Alla quale si può dare la forma

$$y = (2{,}955 - \log z)\, 6{,}94 \log x - 3{,}43.$$

Per verificare sino a qual grado d'esattezza questa formula rappresenta i numeri della tavola III, possiamo sostituire ad x successivamente i cinque valori dei battenti considerati nelle sperienze, ed a z quelli delle forze delle palline calcolati colla formula data nel paragrafo IV, e dedurre i respettivi valori di y; quindi confrontare questi valori con i loro corrispondenti ottenuti dalle esperienze. Eseguendo queste operazioni si trovano i resultati della seguente

TAVOLA IV.

Di confronto tra i resultati d' esperienza e quelli della nostra formola, circa le distanze dal foro d' emissione delle molecole liquide esplorate sulla verticale sul centro del foro stesso.

Valori del Battente x, espressi in millimetri	Spinte verrticali z in diecimillesimi di gramma	Valori delle distanze y: in mm		Differenza tra il calcolo e l' esperienza
		dati dall' esperienza	dedotti dalla formola	
100	162,10	10,05	6,92	— 3,13
«	81,28	12,03	11,08	— 0,95
«	52,48	14,15	13,78	— 0,37
«	35,48	17,12	16,08	— 1,08
«	26,30	18,97	17,88	— 1,09
«	19,50	19,76	19,68	— 0,08
«	16,60	17,19	20,66	+ 3,47
«	13,48	23,86	21,91	— 1,95
«	8,51	23,89	24,68	+ 0,79
«	3,72	29,51	29,68	— 0,17
«	1,66	38,40	34,54	+ 3,86
220	162,10	11,60	8,67	— 2,93
«	81,28	13,81	13,54	— 0,27
«	52,48	17,31	16,63	— 0,68
«	35,48	19,59	19,39	— 0,20
«	26,30	22,57	21,50	— 1,07
«	19,50	21,69	23,61	+ 1,92
«	16,60	19,44	24,75	+ 5,31
«	13,48	25,10	26,21	+ 1,11
«	8,51	27,53	29,46	+ 1,93
«	3,72	34,46	35,30	+ 0,84
«	1,66	42,00	40,99	— 1,01
340	162,10	13,04	9,65	— 3,39
«	81,28	14,26	14,92	+ 0,66
«	52,48	19,25	18,26	— 0,99
«	35,48	21,56	21,24	— 0,32

Valori del Battente x, espressi in millimetri	Spinte verticali z in diecimillesimi di gramma	Valori delle distanze y: in mm dati dall' esperienza	dedotti dalla formola	Differenze tra il calcolo e l' esperienza
«	26,30	23,73	23,52	— 0,21
«	19,50	23,92	25,85	+ 1,93
«	16,60	23,50	27,04	+ 3,54
«	13,48	28,27	28,62	+ 0,35
«	8,51	30,24	32,13	+ 1,99
«	3,72	37,18	38,45	+ 1,27
«	1,66	46,10	44,60	— 1,50
460	162,10	13,38	10,32	— 3,06
«	81,28	16,56	15,86	— 0,70
«	52,48	21,06	19,37	— 1,69
«	35,48	23,02	22,51	— 0,51
«	26,30	24,42	24,91	+ 0,49
«	19,50	25,75	27,31	+ 1,56
«	16,60	26,10	28,60	+ 2,50
«	13,48	30,06	30,26	+ 0,20
«	8,51	33,21	33,95	+ 0,74
«	3,72	40,13	40,60	+ 0,47
«	1,66	49,00	47,06	— 1,94
580	162,10	14,15	10,84	— 3,31
«	81,28	16,33	16,58	+ 0,25
«	52,48	21,52	20,22	— 1,30
«	35,48	23,04	23,48	+ 0,44
«	26,30	25,35	25,97	+ 0,62
«	19,50	28,41	28,46	+ 0,05
«	16,60	26,29	29,80	+ 3,51
«	13,48	32,36	31,52	— 0,84
«	8,51	35,50	35,35	— 0,15
«	3,72	41,68	43,24	+ 1,56
«	1,66	52,50	48,95	— 3,55

Tra le aberrazioni del calcolo dall' esperienza si trova il numero 5mm,31, assai grande, di cui da maggiore il resultato la formola del corrispondente sperimento; ma giova osservare che questa aberrazione è appunto relativa alla forza

16,60 ed al battente 220mm, che notammo al paragrafo precedente essere erroneo in difetto il corrispondente resultato esperimentale; onde piuttosto che screditare la nostra formula l' avvalora maggiormente dimostrandola in certo qual modo correttrice dei difetti delle sperienze. Le aberrazioni relative alla forza 162,00 presentano qualche singolarità; sono tutte quasi eguali e di segno eguale. Potrebbe essere che una piccola modificazione fatta subire alla formula diminuisse queste aberrazioni alquanto forti, e forse ancora rendesse più appagante la successione dei segni di tutte le altre. Tuttavia vedesi che essa dentro i limiti delle sperienze sodisfa assai bene, e la possiamo accettare.

Fermiamoci adesso brevemente a discutere questa formula, per riconoscere quanto sia atta a rappresentare i valori delle sue variabili corrispondenti al di fuora dei limiti delle esperienze. Facendo $z = o$ resulta $y = \infty$ per qualunque valore di x maggiore di 1, $y = 0$ $\infty - 3,43$ per $x = 1$, ed $y = -\infty$ per qualunque valore di x minore di 1; ma come non può esservi valore di $z = 0$ in una massa finita di acqua effluente, questa contraddizione non è valutabile per l' uso della formola. Quando $z = 1$ si ha $y = 20,51 \log x - 3,43$, resultato che non apparisce contraddittorio al fatto. Per $z = 902$ abbiamo $\log z = 2,955$, e quindi $y = -3,43$ per qualunque valore di x; lochè ci dimostra non potersi attribuire a z un valore maggiore di 898,57 qualunque sia x: per quanto si scorga che ad un battente molto grande può un tal valore convenirle. Facendo $x = o$ si ha $y = \mp \infty$ secondochè sia $z >, 0 < 902$, ed $y = 0 (-\infty) - 3,43$, per $z = 902$; resultato contraddittorio, ma non arreca danno alla formola per il lato della pratica, perchè non può mai aversi $x = o$: cioè mancare l'altezza del liquido. Se $x = 1$ si ha per y un valore negativo $-3,43$ per qualunque valore positivo di z: dunque la formula non è atta a rappresentare i battenti dell' altezza di 1mm;

ma se si considera che in tal caso tutto varia nell' efflusso dei liquidi, per la grande influenza che il fondo del vaso esercita sulle velocità delle respettive molecole effluenti, la quale è trascurabile affatto nelle nostre sperienze, possiamo concludere che neppure questa circostanza è dannosa alla formula relativamente alla pratica. Se $x = \infty$, si ha $y = \mp \infty$, secondochè sia $z >$, o $<$ 902, ed $y = 0.\infty - 3{,}43$ per $z = 902$; ma il battente infinitamente grande non s' incontra mai nella pratica.

Quantunque le notate contraddizioni, eccetto la seconda, si referiscano a casi d' efflusso eccezionali, o non possibili, o che non s' incontrano nella pratica, concorrono però tutte insieme a dimostrare la nostra formola assai discosta dalla vera che vincola fra loro i tre elementi considerati; quindi concludiamo che essa non può con sicurezza estendersi se non poco al di fuora dei limiti delle sperienze. Relativamente ai valori piccoli di z si può osservare che la forza $z = 1{,}66$ (ultima fra le addotte) è già molto piccola, e le palline che ne avessero una alquanto minore di questa, incomincerebbero ad agire in una maniera incerta nel fluido per le piccole resistenze, urti ec.; onde il limite insino a cui può protrarsi l' esperienza è poco diverso da 1,66, ed è evidente che al di là di questo limite non potrebbesi mai estendere con sicurezza la nostra formola stabilita coi soli dati sperimentali, quantunque non vi manifestasse alcuna contraddizione al fatto.

PARTE SECONDA

§. I.

Sulla natura delle trajettorie descritte dalle molecole liquide nell'efflusso dei vasi.

Per estendere il nostro metodo alla ricerca delle velocità delle molecole che passano per un punto qualunque del vaso nell'efflusso dei liquidi, conviene conoscere le trajettorie che esse percorrono. A quest' oggetto, si riportano le seguenti esperienze.

Un recipiente di forma prismatica a base pressochè quadrata, di lato eguale a 345^{mm} circa, aveva una parete laterale di cristallo divisa da linee nere orizzontali e verticali distanti fra loro di un centimetro, ed un foro tondo di raggio eguale 3^{mm},8, sulla verticale media di una delle pareti laterali contigue a quella di cristallo suddescritta, col suo centro distante dal fondo 26^{mm}. Al bordo dell'apertura di questo vaso, tenevasi applicata per gl' estremi convenientemente piegati una lastra di latta con più fori sul mezzo della sua larghezza, la quale penetrava nell' interno del vaso ad una certa profondità in posizione orizzontale, e potevasi far corrispondere in una a piacere delle varie sezioni verticali che passavano pel foro. Il vaso riposava sopra di un tavolino e presso di questo era un traguardo che potevasi fare corrispondere con una qualunque delle linee verticali marcate sulla parete di cristallo del vaso stesso. Questo traguardo consisteva in una riga di legno tenuta fissa in posizione verticale ad un piccolo cavalletto per mezzo di una morza, di cui l' estremità superiore presentava un' incavo quadrangolare assai lungo, ai lati orizzontali del quale fissavamo verticalmente in tenzione un filo sottile che serviva per traguardare. Posta

dell' acqua nel vaso fino ad un altezza qualche poco maggiore di quella a cui era la lastra suddescritta, preparavamo un globettino di cera mista a limatura di piombo e si poneva sulla precitata lastra in prossimità di uno dei suoi fori che meglio si projettasse su qualche linea verticale della parete di cristallo, quindi adattavasi il traguardo nella direzione del rammentato foro e della verticale che gli corrispondeva sul cristallo, ed un esploratore ponevasi coll' occhio al traguardo. Un' altro osservatore stando presso del vaso ne apriva il foro, e quando il liquido era giunto in prossimità della lastra, faceva cadere con grandissima diligenza (onde non comunicarle urti) il globettino dal foro a cui stava prossimo, per mezzo di un filo metallico, e l' osservatore del traguardo notava sul cristallo i punti nei quali erano respettivamente intersecate le rette verticali dalla traiettoria che esso descriveva: cosa assai agevole a farsi, in grazia delle rette orizzontali marcate sul cristallo medesimo.

Si è variato più volte il peso ed il volume al globettino, per riconoscere l' influenza di questi elementi sulle respettive trajettorie. I volumi dei varj globetti posti in opra, si sono ad un di presso calcolati in millimetri e frazioni di millimetro. I loro pesi specifici si concepivano dal numero dei secondi che impiegavano a cadere dalla superficie superiore di livello del liquido in quiete sul fondo del vaso, percorrendo l'altezza di 200mm. Abbiamo sperimentato due sezioni verticali differenti, una normale alla parete che conteneva il foro d' emissione, l' altra inclinata sulla stessa parete di 70.°. In ambedue le sezioni, i punti delle trajettorie che si osservavano, gli abbiamo riferiti alla rammentata parete del vaso ed al piano orizzontale che coincideva col livello del liquido nel momento di partenza del globettino, il quale era 200mm distante dal fondo del vaso. Per cui, ogni punto viene determinato colla distanza dalla parete del vaso che contiene il

foro d'emissione, la quale per comodo chiameremo x, e con un'altra distanza dal piano orizzontale che coincide col livello del liquido, che rappresenteremo colla lettera y.

Nelle tre tavole seguenti si registrano i valori numerici che si sono ottenuti.

Le prime due, comprendono tutti quelli relativi alla sezione normale alla parete del vaso che contiene il foro di emissione; la terza quelli soli, dei varii che ne abbiamo ottenuti relativi alla sezione inclinata di 70.° sulla parete stessa, che si sono giudicati più meritevoli di considerazione.

Queste esperienze sono di loro natura troppo delicate, per pretendere noi di dare dei numeri assolutamente esatti con i mezzi pratici mediante i quali si sono ottenuti: d'altronde non è questo l'oggetto nostro. Intendiamo nell'esporre queste tavole, di far concepire soltanto quell'idea generale che noi ci siamo formata sulla natura delle trajettorie delle molecole liquide nell'efflusso dei vasi, dall'insieme dei resultati di tutte le sperienze, considerandoli tali quali sono nel loro grado d'imperfezione.

TAVOLA I.

Esperienze fatte sulla sezione verticale perpendicolare alla parete del foro d'emissione, con un globettino sferico di diametro = 3,^{mm}5 circa.

Tempi che determinano i pesi specifici	Valori delle distanze x, in (mm)	Valori delle distanze y, in (mm)	Osservazioni
9''	85	0	
«	83	130	
«	76	200	
20''	85	0	
«	83	60	
«	64	200	

Segue la Tav. I.

Tempi che determinano i pesi specifici	Valori delle distanze x, in (mm)	Valori delle distanze y, in (mm)	Osservazioni
«	85	0	(*a*) *Arrivato a questo punto il globettino si è diretto al foro, da dove è uscito.*
«	83	65	
«	73	115	
«	64	200	
22"	85	0	
«	83	30	
«	73	100	
«	63	150	
«	56	200	
«	85	0	
«	73	60	
«	63	130	
«	44	200	
«	85	0	
«	83	40	
«	73	120	
«	63	150	
«	56	200	
20"	65	0	
«	63	50	
«	53	100	
«	43	130	
«	5	200	
«	65	0	
«	63	30	
«	53	100	
«	43	140 (*a*)	
18"	65	0	
«	63	40	
«	53	120	
«	43	150	
«	45	200	

TAVOLA II.

Esperienze fatte sulla sezione verticale perpendicolare alla parete che contiene il foro d' emissione, con un globettino sferico di diametro = 0,mm20 *circa, che cadeva in* 100m *dalla superficie di livello dell' acqua in quiete sul fondo del vaso, percorrendo l' altezza di* 200mm.

Valori delle distanze x, in mm.	Valori delle distanze y, in mm.	Osservazioni
185	0	(*a*) *Il globettino si è quindi posato sul fondo del vaso.*
175	38	
165	60	
155	78	(*b*) *È accaduto lo stesso che nell' esperienza precedente, ma questa è un poco incerta.*
145	95	
135	110	
125	133	
115	150	
105	165	(*c*) *Quest' esperienza è stata eseguita lasciando prima abbassare il globetto nel mezzo in quiete fino a* 60mm *di profondità, e quindi aprendo il foro del vaso.*
190	0	
285	55	
175	100	
165	140	
155	160	
145	175 (*a*)	
195	0	
185	40	
175	75	
165	110	
155	143	
145	165 (*b*)	
185	60	
175	110	
165	135	
155	1 60 (*c*)	

TAVOLA III.

Esperienze fatte sulla sezione verticale inclinata di 70°. alla parete che contiene il foro d' emissione.

Diametri dei globettini, in mm	Tempi che determinano i pesi specifici	Valori delle distanze x, in mm	Valori delle distanze y, in mm	Osservazioni
3,50	22"	75	0	*(a) Il globettino ha quasi toccato il fondo del vaso, ed è poi uscito dal foro sollevandosi un poco.*
«	«	73	20	
«	«	63	60	
«	«	53	120	*(b) Si è fermato il globettino a questo punto sul fondo del vaso, avendo curvato molto la sua trajettoria dopo il punto precedente.*
«	«	43	150 (a)	
«	16"	75	0	
«	«	73	50	*(c) È sembrato che il globettino deviasse subito dalla verticale, ma la deviazione si è poi resa manifesta a questo punto.*
«	«	63	100	
«	«	53	150	
«	«	43	200	
«	21"	55	0	*(d) Il globettino ha subito deviato grandemente dalla verticale, dirigendosi verso il foro, senza mai uscire dalla sezione in cui si esperimentava.*
«	«	53	80	
«	«	43	125	
«	«	14	200 (b)	
0,20	16"	55	0	*(e) Ha agito il globettino come nell' esperienza precedente, ma con minore deviazione dalla verticale, dirigendosi cioè in linea del foro.*
«	«	54,8	120	
«	25"	55	0	
«	«	54,8	70	
0,10	34"	55	0	
«	«	54,8	20	
«	moltissimi	55,	0	
«	«	55.	10 (c)	
0,20	«	155	0 (d)	
«	«	95	0 (e)	

Queste tavole ci mostrano

1.° Più la gravità specifica del globettino si accosta a

quella dell' acqua, più è grande la sua deviazione dalla verticale, o sia più converge verso il foro d' emissione; poichè le trajettorie sono tutte comprese nell' angolo formato dalla verticale del punto di partenza del globettino, e dalla retta che congiunge lo stesso punto col foro.

2.° Cresce la deviazione dalla verticale dei globettini di eguali gravità specifiche al crescere delle distanze dalla parete del foro d' emissione dei punti di loro partenza.

3.° Un medesimo globettino cadendo, tanto più diverge dalla verticale quanto più si avvicina al foro d' emissione. Quest' ultimo fatto, che vedesi meglio verificato a misura che il globettino cade a distanza maggiore dalla parete del vaso ove esiste il foro, sembra dipendere dall' azione costante che ha sul medesimo la gravità per trarlo nella direzione verticale, a differenza di quella della forza del liquido che varia per i diversi punti della trajettoria.

4.° Nei globettini piccolissimi la deviazione dalla verticale si fa più sollecitamente; e quando alla estrema tenuità di volume si unisce anche la piccolezza della forza per cadere in basso, la deviazione dalla verticale incomincia dal punto stesso di partenza, e prosegue quasi in linea retta.

5.° Questa deviazione non solo comincia dal livello superiore, ma da qualunque strato ove si ritrova il globettino cadente quando principia l' efflusso.

Sembra pertanto che le molecole liquide nell' efflusso dei vasi, dentro i limiti almeno delle nostre esperienze, si dirigano al foro d' emissione per linee rette.

§. II.

Applicazione del metodo esposto nel paragrafo primo della prima parte al caso dell' efflusso per un foro scolpito nel fondo del vaso, per la ricerca delle velocità delle molecole liquide non situate sulla verticale corrispondente al foro medesimo.

Ritenendo che le trajettorie percorse dalle molecole liquide nell' efflusso dei vasi sieno linee rette convergenti al foro d' emissione; ecco come abbiamo applicato il metodo del paragrafo 1.° della prima parte alla ricerca esperimentale delle varie velocità che ad esse corrispondono nei varii punti. Si è usato un apparecchio per mezzo del quale il globettino ritenuto dall' anello descritto nel paragrafo 2.° della Iª parte, potesse essere condotto lungo una linea retta inclinata all' orizzonte a piacere e volta al foro. Per conseguire questo movimento, i pezzi principali della macchina erano due fili metallici, uno dei quali rimaneva fuori del vaso parallelo alla rammentata linea retta, l' altro lungo quanto la distanza fra il primo e questa linea, stava in direzione verticale, e portava entro l' acqua alla sua estremità inferiore il globetto; onde mosso il primo filo, era il globettino medesimo obbligato a percorrere la linea esplorata.

Per dare una più minuta descrizione del nostro apparato, noterò che un vaso prismatico di base pressochè quadrata, equivalente in superficie a 119000^{mm}, aveva un foro circolare di 4^{mm},50 di raggio nel centro del suo fondo. Ad un certo punto del bordo superiore di una delle sue pareti laterali, applicavasi per una delle estremità, una riga di legno di mediocre grossezza e assai larga, per mezzo di una cerniera, in modo che poteva girare attorno alla medesima, volgendo la sua faccia più larga verso il fondo del vaso, e rimanendo sempre nello stesso piano verticale. Que-

sta riga veniva poi fissata sotto un certo angolo coll' orizzonte ad un quadrello di legno che si ergeva verticalmente dalla parte del vaso opposta a quella cui stava essa applicata, per mezzo di una seconda riga connessa ad uno de' suoi bordi longitudinali, in modo che manteneva una delle sue facce più larghe a contatto con una delle facce del quadrello, e di una morza che premeva questa seconda riga contro il quadrello medesimo. Il bordo libero della riga principale, era guarnito di due maglietto di metallo circolari convenientemente collocate, i di cui piani erano normali al bordo medesimo, ed i loro centri da esso egualmente distanti. In queste stava infilato un filo metallico di mediocre grossezza che poteva scorrervi comodamente, di cui l' estremità superiore era fissata alla ripiegatura di una molla composta di una lamina metallica ricurva, la quale cingeva e premeva le due larghe facce della riga con moderata forza, e poteva farvisi scorrere di moto lento e regolare. Ad un certo punto della parte del filo intermedia alle due magliette, stava applicato nella direzione stessa del filo, un dado metallico munito di una vite che portava infilsata tra la sua testa ed il dado una piccola lastra metallica di figura quadrata, di cui un bordo era ripiegato a guisa di cilindro, la quale fissavasi a contrasto fra il dado e la testa della vite, in modo che il detto cilindro rimaneva verticale. In questo, passava con forza ed era sostenuto dall' attrito, un secondo filo metallico che veniva a rimanere in direzione verticale, ripiegato pressochè ad angolo retto verso la sua estremità inferiore, la quale era guarnita di un anello tondo, di raggio poco più piccolo di $3^{mm},50$, di finissimo filo metallico, che vi stava applicato in posizione orizzontale per un gambo molto sottile, in modo che era interamente libero e da essa distante 2^{mm} circa; il quale aveva un' apertura poco maggiore di un millimetro dalla parte opposta al punto di sua applicazione, e che in ogni esperienza rimaneva diretta verso il foro.

Disposto l'apparecchio in modo che il filo scorrevole lungo il bordo della riga principale entro le magliette si trovasse in uno dei piani verticali corrispondenti al foro d'emissione, si conduceva l'anello col suo centro sulla verticale del centro di questo foro, e quindi facendo scorrere in basso il filo metallico verticale che lo riteneva, lo trasportavamo a contatto col foro stesso. Così l'apparecchio era ben preparato per procedere alle esperienze. Infatti facendo scorrere lungo la riga principale la molla che regolava il filo infilsato nelle magliette, l'anello era costretto a dirigersi al foro d'emissione per una linea retta parallela alla riga stessa, e l'apertura che aveva l'anello in faccia del foro sopra rammentato, lasciava libera la pallina da trasportarsi in basso nella direzione del movimento del liquido.

Per misurare la distanza dal foro del vaso dei punti ai quali si partivano le palline, eravi una piccola riga divisa in millimetri che stava applicata per un punto di una delle sue estremità (attorno a cui potevasi far girare o nò a piacere) alla ripiegatura di una lastra metallica, la quale cingeva il bordo della riga principale dell'apparecchio, potendo scorrervi sopra senza impedire il movimento al filo ad essa parallelo, che le stava d'innanzi. Stabilita la suddetta riga nella debita inclinazione, disponevasi la scala in linea orizzontale, e poi si faceva scorrere lungo la riga stessa la lastra a cui essa si applicava, finchè la divisione zero non fosse giunta sulla verticale del centro del foro d'emissione, ciò che si verificava per mezzo di un pendolino, quindi si poneva la scala medesima in linea orizzontale. Quando poi era partita la pallina nelle successive esperienze, si portava il rammentato pendolino sul centro dell'anello: così il numero ad esso corrispondente sulla scala, esprimeva in millimetri la projezione orizzontale della distanza cercata, dalla quale si ricavava facilmente il valore di questa distanza.

Dobbiamo però avvertire, che varie circostanze possono scemare la fiducia dei valori numerici che si sono ottenuti. La prima consiste che i membri dell' apparecchio suddescritto erano troppo sottili, per cui le palline stavano soggette a dei tremolamenti accostandosi al foro. La gran diligenza però con cui furono condotte le esperienze diminuisce l' entità di questo difetto. La seconda dipende dal non aver considerata che una sola esperienza per ciascheduna pallina, ciò che dopo l' esame dei resultati parziali della tavola IIIª della prima parte giudichiamo di grande imperfezione: molto più che accadeva spesso che le palline le di cui spinte verticale erano assai piccole, si partivano dall' anello prima di giungere al punto conveniente. Questo caso però ci veniva avvertito dalla natura delle trajettorie percorse dalle palline, le quali erano molto ricurve verso la superficie di livello del liquido, a differenza di quelle che avevano origine ai luoghi veramente corrispondenti alle respettive forze, le quali poco o niente differivano dalla linea retta vergente al foro d' emissione: onde potevansi ripetere le sperienze.

La terza circostanza si è che abbiamo indifferentemente adoprato in varie sperienze per trasportare in basso la pallina, un anello alcune volte chiuso ed altre aperto dalla parte del foro d' emissione; mentre la forza del liquido agendo obliquamente al piano dell' anello obbliga la pallina ad urtare contro di questo, quando sia chiuso: onde la forza medesima non può vincere quella della pallina se non la supera della resistenza che gli produce l' anello. La quarta finalmente, che le palline si costruivano senza sussidio dell' anello metallico rammentato nel paragrafo 3.º della prima parte; per cui era facile d' incorrere in qualche notevole difetto di sfericità e di volume.

§. III.

Resultati sperimentali sulle velocità esplorate col precedente apparecchio.

Si sono sperimentate due sezioni differenti per riconoscere l' influenza della forma del vaso sulle velocità. Una di queste era parallela a due delle pareti laterali, l' altra diagonale al vaso. In ambedue le sezioni non abbiamo considerato che un solo battente eguale a 240mm, e si sono esplorate tre differenti trajettorie, di cui le respettive inclinazioni all' orizzonte sono dei gradi seguenti 22,°50; 45°,00; 67°,50. Queste, unite alla verticale del foro di già esplorata, possono essere sufficienti a far conoscere la legge di loro successione.

Ad onta delle imperfezioni notate nel paragrafo precedente, i valori numerici che si sono ottenuti, mostrano una tal regolarità che molto sodisfa; forse dovuta alla gran cura che si ebbe nell' eseguire le sperienze. Noi perciò si riportano ordinati nella seguente

TAVOLA IV

Che contiene i resultamenti d' esperienza relativi alle molecole liquide non situate sulla verticale del centro del foro d' emissione, per un battente di 220mm.

Angoli d'inclinazione coll' orizzonte delle linee esplorate	Forze in 10, milles. di gra., che anim. le pallin. lung. le linee esplorate	Distanze, in (mm), dei punti esplorati sulla sezione	
		parall. a 2 delle pareti del vaso	diagonale al vaso
22.° 1/2	22,55		16,27
«	14,23	22,80	21,65
«	10,55	26,06	25,96
«	8,38	27,14	28,68
«	6,81	29,86	29,76
«	1,24	35,83	40,04
«	0,64	48,84	43,29
«	203" (*)	76,00	
45.°	19,47	26,87	24,75
«	14,44	30,41	27,58
«	12,57	30,41	30,41
«	10,22	33,95	30,41
«	6,02	36,07	31,82
«	0,26	45,26	60,82
«	0,21 (**)	66,48	
«	300" (*)	71,60	
67.° 1/2	20,22	30,03	
«	16,43	32,64	
«	13,35	35,25	31,33
«	11,63	35,25	31,33
«	1,50	52,22	
«	0,30	75,72	
«	130" (*)	78,33	
«	140" (*)	82,25	
«	quasi stazionaria	95,30	

Attribuendo alle inesattezze degli sperimenti le piccole differenze che si riscontrano nei numeri corrispondenti per le due sezioni, sembra potersi concludere che la forma del vaso, quando le sue dimensioni in confronto di quelle del foro d'emissione sono molto grandi, e l'efflusso ha luogo dal fondo, non influisce sulle velocità; ed in tal caso tutto essendo simmetrico attorno al foro, le velocità medesime si troverebbero eguali sui varj involucri di una certa figura di rivoluzione, il di cui asse sarebbe la verticale del centro del foro medesimo. I numeri delle nostre esperienze mostrerebbero che la detta figura somiglia quella di un ellissoide compressa sul diametro verticale.

Nell' eseguire le surriferite sperienze si è osservato che le palline che sono tratte dalla velocità del liquido ad una certa distanza dal foro d'emissione alquanto piccola, si dirigono per un cammino qualche poco convesso verso la superficie superiore di livello, nei primi tratti del loro movimento, ancora che il punto del distacco dall' anello sia quello che propriamente le compete; ed in seguito convergono sempre più verso il foro. La causa di ciò sembra essere la più rapida variazione di velocità con cui le molecole liquide si accostano al foro, nei punti ad esso più prossimi. Infatti le spinte verticali delle palline agendo con valore costante di basso in alto, e le velocità del liquido in modo molto variato nella direzione del foro; necessariamente le palline devono percorrere delle linee convesse verso la superficie di livello del liquido, nei primi tratti dei loro movimenti, ma in seguito le azioni delle velocità esuberando sempre più quelle delle spinte verticali, le rammentate linee devono sempre più accostarsi a quelle che le palline descriverebbero per la sola velocità comunicatale dalle molecole liquide effluenti. Che se si considerino i punti molto distanti dal foro, in confronto coll' ampiezza del foro stesso; ivi le velocità succedendosi molto meno rapidamente, nel principio del loro movimen-

to le palline rimangono soggette all'azione di due forze entrambi quasi costanti, ed in seguito, quando le velocità del liquido incominciano a variare più rapidamente, le azioni di queste sulle palline esuberano già molto le azioni delle loro spinte verticali; onde le traiettorie che le palline percorrono devono accostarsi sempre molto, in ogni loro punto, alle linee rette vergenti al foro d'emissione. E realmente abbiamo avuto luogo di osservare che trasportando una pallina di minimissima spinta verticale in qualunque punto della massa fluida, o vicino o lontano al foro d'emissione (entro però quei limiti nei quali la forza di velocità è capace di trarla seco) essa si dirige sempre al foro in linea retta, e passandovi, ne percuote il bordo nel punto più prossimo alla direzione del suo movimento.

§. IV.

Considerazioni analitiche relative ai resultamenti d'esperienza notati nella tavola del paragrafo precedente.

Come relativamente alla trajettoria verticale, la legge ancora che regna tra le distanze dal foro d'emissione delle molecole liquide che decorrono linee diversamente inclinate, e le respettive forze che le animano al moto, viene rappresentata da delle logaritmiche. Le formole particolari che appartengono alle varie linee che abbiamo esplorate, sono le seguenti

$$(1)\quad \begin{cases} y = 44{,}56 - 18{,}62 \ \log \ ; \ 22^{0}.\ ^{1}/_{2} \\ y = 44{,}56 - 12{,}96 \ \log \ ; \ 45^{0}. \\ y = 44{,}56 - 11{,}61 \ \log \ ; \ 67^{0}.\ ^{1}/_{2} \\ y = 44{,}56 - 16{,}24 \ \log \ ; \ 90^{0}. \end{cases}$$

dinotando y le surriferite distanze, z le forze; ed i numeri segnati al lato di ciascheduna formola, i gradi d'inclinazione sull'orizzonte delle trajettorie cui esse si riferiscono. Le respettive costanti si sono prima determinate

col metodo dei minimi quadrati, quindi le abbiamo modificate un poco, affine di rendere eguali (giacchè era possibile senza produrre disturbo notevole nelle formole) i termini costanti, eccetto però quelle della equazione relativa alla verticale, le quali resultano dal paragrafo VII della prima parte.

Per vincolare fra loro in una formula le quattro precedenti, dobbiamo combinare i loro moduli coi gradi dei respettivi angoli d' inclinazione sull' orizzonte delle trajettorie cui si riferiscono. A tale oggetto osserviamo che se si assumano questi elementi per coordinate polari, e costruiscasi la curva a loro relativa ne risulterà una figura che potrebbesi far coincidere con una logaritmica.

Prendiamo quindi per rappresentare i moduli in funzione degl' angoli sopra rammentati la formula segnente

$$r \operatorname{Cos} \varphi = p \log \frac{r \operatorname{sen} \varphi}{q}$$

in cui r dinota i moduli, φ gl' angoli, p, q due costanti da determinarsi convenientemente per il nostro caso. Onde procedere alla determinazione delle costante q, osserveremo che quando $\varphi = 90^0$ si ha, dinotando con r_{90} il corrispondente valore di r, $p \log \frac{r_{90}}{q} = 0$, e non potendo essere $p = 0$, deve aversi $\log \frac{r_{90}}{q} = 0$, o sia $r_{90} = q$, e quindi

$$r \operatorname{Cos} \varphi = p \log \frac{r \operatorname{sen} \varphi}{r_{90}}.$$

Calcolando adesso con questa equazione i tre valori di p, che corrispondono respettivamente alle tre formule segnate (1) relative alle trajettorie inclinate all' orizzonte, dopo di avere successivamente sostituiti nella medesima i respettivi valori di r, e di φ, e prendendo il medio dei resultati, otterremo

$$p = -15{,}54$$

Sostituendo questo valore in luogo di p nella precedente equazione, si ha in fine

$$r \operatorname{Cos} \varphi + 15{,}54 \log \frac{r \operatorname{sen} \varphi}{r_{90}} = 0$$

da cui potremo dedurre il valore di r corrispondente ad un valore qualunque di φ, per sostituirlo nella equazione

$$y = 44{,}56 - r \log z$$

che è quella cercata.

Questa formula non conviene però che al solo battente di 220mm, sul quale si sono eseguiti gli sperimenti: ma se vogliamo estenderla a rappresentare le forze che animano le molecole liquide di un battente qualunque, potremo procedere nel modo che segue.

$$y = 20{,}51 \log x - 3{,}43 - 6{,}94 \log z \log x$$

è la formula data nel paragrafo VIII della prima parte che si riferisce ad un carico qualunque per la verticale corrispondente al centro del foro d'emissione; nella quale x dinota il carico, e z, y hanno lo stesso significato che nelle formule precedenti. Se confrontiamo questa formula respettivamente con quelle segnate (1) relative alle linee inclinate all'orizzonte, si deducono con facilità le seguenti

$$y = 20{,}51 \log x - 3{,}43 - 6{,}94 \log x \log z \; ; \quad 90.^0 -$$
$$y = 20{,}51 \log x - 3{,}43 - 4{,}96 \log x \log z \; ; \quad 67.^0 \, 1/2$$
$$y = 20{,}51 \log x - 3{,}43 - 5{,}53 \log x \log z \; ; \quad 45.^0 -$$
$$y = 20{,}51 \log x - 3{,}43 - 7{,}96 \log x \log z \; ; \quad 22.^0 \, 1/2$$

Queste formule non differiscono fra loro che per i coefficienti dei soli termini che contengono la variabile z; e tali coefficienti sono quelli stessi delle equazioni segnate (1) divisi per log 220, essendo 220mm il valore del battente relativo alle equazioni medesime. Ritenendo le stesse denominazioni che precedentemente, la formula atta ad esprimere questi coefficenti in funzione degl'angoli φ, sarà quindi

$$\frac{r \operatorname{Cos} \varphi}{\log 220} + 15{,}54 \log \left(\frac{r}{\log 220} \frac{\operatorname{sen} \varphi}{r_{90}} \right) = 0;$$

Sostituendovi respettivamente in luogo di r_{90}, e log 227 i loro valori, ed eseguendo i calcoli opportuni, riducesi a

(2) . . . . . $r \operatorname{Cos} \varphi + 15{,}54 \log (0{,}144\, r \operatorname{sen} \varphi) = 0$

che unita alla seguente

(3) . . . . . $y = (20{,}51 - r \log z) \log x - 3{,}43$

somministra la relazione cercata.

Per comprendere il grado di fiducia che possiamo accordare a questa formola, sostituiamo in luogo delle tre variabili φ, x, z successivamente i respettivi valori che le competono nelle varie sperienze che si sono eseguite; tratti quindi i corrispondenti valori di r dalla (2), deduciamo quelli di y dalla formola (3), e confrontiamoli cogli analoghi ottenuti dall' esperienza. I resultamenti di tali operazioni si leggono nella seguente

TAVOLA VI.

Di confronto tra i resultati di esperienza e quelli della stabilita formula, circa le distanze dal foro d' emissione delle molecole liquide esplorate su varie trajettorie di una sezione verticale, per un battente di 220mm.

Inclinazioni delle trajettorie sull'orizzonte	Spinte verticali z, in dieci millesimi di gramma	Valori delle distanze y, in (mm) dati dall'esperienza	dedotti dalla for.	Differenze tra il calcolo e l' esperienza
22 1/2	14,23	22,23	25,78	— 3,55
«	10,55	26,01	27,90	— 1,89
«	8,38	27,91	29,54	— 1,63
«	6,81	29,81	31,01	— 1,20
«	1,24	37,94	43,10	— 6,16
«	0,64	46,07	47,66	— 1,59
45°	19,47	25,81	27,90	— 2,09
«	14,44	29,00	29,58	— 0,58
«	12,57	30,41	30,35	+ 0,06
«	10,22	32,18	31,51	+ 0,67
«	6,02	33,75	34,48	— 1,27
«	0,26	53,04	52,18	+ 0,86
«	0,21	16,48	53,34	+ 13,14
67° 1/2	20,22	30,03	27,70	+ 2,33
«	16,43	32,64	28,86	+ 3,78
«	13,35	33,29	30,02	+ 3,27
«	11,63	33,29	30,79	+ 2,50
«	1,50	52,22	42,24	+ 9,98
«	0,30	75,72	51,25	+ 24,47
90°	162,10	11,60	8,67	+ 2,93
«	81,28	13,81	13,54	+ 0,27
«	52,48	17,32	16,63	+ 0,69
«	35,48	19,59	19,36	+ 0,20
«	26,30	22,57	21,50	+ 1,07
«	19,50	21,69	23,61	— 1,92
«	16,60	19,44	24,75	— 5,31
«	13,48	25,10	26,21	— 1,11
«	8,51	27,53	29,46	— 1,93
«	3,72	34,46	35,30	— 0,84
«	1,66	42,00	40,99	+ 1,01

Tra le differenze della formola dall'esperienza ve ne sono cinque non punto trascurabili; cioè le seguenti 5,31; 6,16; 9,98; 13,14; 24,47. Relativamente a quella di 5,31 dobbiamo osservare che è la medesima già notata nella tavola III della prima parte, a cui non può darsi alcun peso. Quanto alle altre, non sono sufficienti a dare criterio d'inesattezza della formola, perchè si riferiscono, specialmente le più imponenti, a forze piccolissime e molto al di fuori dei limiti entro cui fu stabilita la equazione del paragrafo VI della prima parte relativa ai tempi impiegati dalle palline a traversare l'altezza di 237mm di acqua in quiete, ed alle loro respettive spinte verticali colla quale furono calcolate. Che anzi, tali aberrazioni sarebbero una conseguenza necessaria di ciò che si disse relativamente alle forze piccole delle palline, nei paragrafi V, e VII della prima parte.

L'insieme di tutte le molecole fluide che si trovano animate di eguali velocità, costituisce delle superficie di rivoluzione attorno la verticale corrispondente al centro del foro di egresso, la di cui equazione è facile ad ottenersi. Infatti eliminando r dalla formola (2), colla (3) si ottiene

$$(m-y)\cos\varphi + n\log(m-y)\,\text{sen}^2 - p = o \ldots (2)$$

in cui

$$m = 20{,}51\log x - 3{,}43$$
$$n = 15{,}54\log x\log z$$
$$p = \left\{13{,}075 + 15{,}54\log(\log x.\log z)\right\}\log x.\log z$$
$$= n\,(0{,}8414 + \log 0{,}0643\,n)$$

la quale è l'equazione di un meridiano della superficie relativa ad nn valore qualunque di x e di z, o sia l'equazione della superficie stessa. La natura della curva rappresentata da questa formola non si riconosce con facilità dalla semplice ispezione della formola stessa; ma volgendo l'occhio sulle equazioni segnate (1), che essa

comprende come casi particolari dei battenti x e degl'angoli φ si vede, che per dei valori eguali di z, le distanze y sono più grandi per le trajettorie intermedie, e specialmente poco al di sopra dell'inclinazione di 45^0, che per quelle assai prossime alla verticale e le altre molto inclinate all' orizzonte; da cui si deduce che la nostra curva rivolge la sua concavità verso l' asse di rotazione, o sia verso il foro d' egresso del fluido, è alquanto compressa nei punti sovrastanti al foro stesso, rigonfiata poco superiormente al punto che corrisponde a $\varphi = 45^0$, e nuovamente compresa nei punti prossimi al fondo del vaso. Probabilmente la cagione fisica di tal forma è che le particelle fluide di queste superficie, molto prossime alla verticale, essendo le più elevate, risentono minor pressione idrostatica di tutte le altre, e quelle vicine al fondo del vaso sono trattenute dal fondo stesso. Facendo $(m - y) = \rho$ nell'equazione (2), si ha

$$(3) \ldots \rho \cos \varphi + n \log \rho \operatorname{sen} \varphi = n\,(0{,}8414 + \log 0{,}0643.n)$$

È facile dimostrare che tutte le curve rapprerentate da questa equazione sono simili. Infatti moltiplicando il raggio vettore ρ per una costante qualunque k, ed eseguendo le opportune riduzioni, si ottiene

$$(\ \cos \varphi + n' \log \rho \operatorname{sen} \varphi = n'\,(0{,}8414 + \log 0{,}0643.\,n')$$

in cui si è posto $n' = \dfrac{n}{k}$

la quale non differisce dalla precedente che per il solo parametro n.

Dinotino ρ', ρ'' due valori di ρ respettivamente corrispondenti a due valori diversi di z, per un medesimo angolo φ, e ρ_1', ρ_1'' due altri valori di ρ corrispondenti ai medesimi valori di z, e ad un altro angolo φ; si avrà per la condizione di similitudine

$$\frac{\rho'}{\rho''} = \frac{\rho_1'}{\rho_1''},$$

e poichè m è indipendente da z

$$\frac{m-y'}{m-y''}=\frac{m-y_1'}{m-y_1''}$$

rappresentando con y', y'', y_1', y_1'' i valori di y respettivamente corrispondenti a quelli di β, β'', β_1', β_1''

Dunque se s' immagina una sfera di raggio m col suo centro nel foro di emissione, che è l' origine delle coordinate, le porzioni dei raggi vettori intercette tra la superficie di tale sfera, ed una qualunque delle varie superficie rappresentate dall' equazione (2), sono divise da ciascuna delle altre di queste superficie che vi passano, in parti respettivamente proporzionali. Quindi le varie superficie costituite dall' insieme delle molecole fluide che hanno egual velocità, non si succedono equidistanti in tutti i singoli punti, ma si discostano più fra loro nelle parti le cui distanze dalla superficie sferica surriferita sono maggiori, che nelle altre in cui le distanze stesse sono minori. Accostandosi a tal superficie sferica, tendono così continnamente a prendere esse pure la forma sferica, e l' assumono infine quando la raggiungono.

Facendo $z=1$ si ha $n=0$, $p=0$; quindi $y=m$, qualunque sia φ.

Dunque la superficie che corrisponde ad un diecimillesimo di gramma è sferica, e coincide con quella sopra rammentata, a cui tendono tutte le superficie corrispondenti agl' altri valori di z. Il raggio di tale sfera è

$$m=20{,}51 \log x - 3{,}43$$

Facendo $z<1$ si ha n negativo, e quindi $\log n$ immaginario. Dunque la nostra formola non è atta ad esprimere le superficie che corrispondono a forze minori di un diecimillesimo di gramma. Ma se si riflette che tali forze non possono essere comprese nel numero di quelle determinabili con sicurezza coll' esperienza, concluderemo di riguardarle come di quella parte di fluido alla quale non appartengono che forze piccolissime e pochissimo fra loro differenti, di cui non si può occupare che la sola teoria.

Per un valore qualunque di $z > 1$, y non può essere che minore di m. La sfera sopra considerata, comprende dunque entro di se tutte le molecole animate da forze maggiori di un diecimillesimo di gramma. Essa è il limite di tutte le velocità che sono bastantemente grandi per essere determinate coll' esperienza, o sia il limite insino a cui può sicuramente estendersi la teoria che segue l' ipotesi del parallelismo degli strati.

Si comprende facilmente come trattandosi di formole empiriche per un altra unità di misura, con maggiore o minor grado di approssimazione si sarebbero ottenuti i medesimi resultamenti che relativamente al diecimillesimo di gramma. Quindi la superficie di egual velocità che corrisponde al valore di z eguale ad un diecimillesimo di gramma, non è propriamente sferica; ma è sferica quella solo che corrisponde ad una velocità piccolissima quanto si vuole, o sia alla velocità zero, che è il limite di tutte le unità di misura assumibili. Si può dunque stabilire, che nell' efflusso dei vasi le molecole fluide animate di eguali velocità costituiscono delle superficie di figura sferoidale, le quali si accostano sempre più alla forma sferica al diminuire della velocità comune delle particelle liquide che le costituiscono, e sono perfette sfere quelle di cui tal velocità è zero. Questo però non porta che si debbano ritenere erronei i nostri resultati, perchè l' esperienza non può dar valore che alle quantità suscettibili di una misura fisica; quindi per essa sono effettivamente zero le velocità prodotte da forze minori di un diecimillesimo di gramma, e la sfera da noi determinata è appunto la superficie che si trova al limite delle velocità che entrano nel dominio dell' esperienza.

§. V.

Di alcune sperienze relative alle direzioni delle molecole liquide nell' efflusso dei vasi, per fori in pareti verticali.

Si sono eseguite alcune sperienze relative al foro in parete verticale. Il vaso che conteneva il liquido lo abbiamo scelto di figura prismatica con base quadrata, di 330mm per lato. Il foro d' emissione era di figura circolare di 7mm,8 di raggio, ed era scolpito sulla verticale media di una delle pareti laterali del vaso, alla profondità sotto la superficie di livello, alcune volte di 220mm, ed altre di 170mm. L' altezza del liquido era di 240mm.

Trasportando una pallina sferica, di gravità specifica un quarto di grano maggiore di quella dell' acqua nei varii punti della massa fluida, per mezzo di un filo che tenevasi sospeso alle maglie di una piccola rete intessuta in un telajo di legno, il quale riposava sul bordo dell' apertura del vaso, abbiamo osservato, o ad occhio libero, o per mezzo di un traguardo, che la pallina negl' istanti in cui si apriva il foro, concepiva dei movimenti più o meno grandi secondo era più o meno vicina al foro stesso. E stabilitosi poi il moto permanente nella massa fluida, essa si equilibrava di nuovo; ma se trovavasi a certe distanze dal foro la nuova posizione d' equilibrio compariva sensibilmente diversa da quella che aveva stando il liquido in quiete. Sisono esplorate con più minutezza tre sezioni orizzontali; una che corrispondeva al centro del foro d'emissione, il quale era discosto dal fondo 20mm, o sia 220mm al di sotto della superficie di livello del liquido, e le altre due al di sopra di questa respettivamente di 30mm e 60mm; ed abbiamo riscontrato che il moto istantaneo della pallina nell' aprire il foro, ha luogo per tutta la loro estensione eccetto nei punti molto prossimi alla parete opposta

a quella del foro, e negl' altri assai vicini alle costole degl' angoli diedri formati dalla parete del foro respettivamente con quelle ad essa contigue: e ci è sembrato che la sezione corrispondente al foro abbia dei limiti di moto un poco più ristretti.

Abbiamo eseguite delle esperienze analoghe ancora con una pallina di peso specifico minore di quello dell' acqua, tenendola applicata ad un filo sottile e flessibile, che si fissava all' estremità di un secondo filo metallico, in modo che tra questa e la pallina corressero circa 20^{mm}; il quale aveva all' altra estremità un piccolo dado di piombo, per di cui mezzo poteva riposare in posizione verticale sul fondo del vaso. Trasportando questa pallina nei diversi punti di una medesima circonferenza di circolo di cui il piano fosse orizzontale, ed il centro situato sulla verticale del foro d' emissione, si è veduto che i suoi deviamenti nell' aprire il foro stesso e durante l' efflusso del fluido, erano tutti eguali fra loro. Abbiamo inoltre benissimo riconosciuto, traguardando le palline con un filo che passava per la verticale del foro d' emissione e per quella delle respettive palline, che tutti i movimenti surriferiti si eseguivano nei piani verticali corrispondenti al foro stesso.

Costruendo due palline di eguali raggi, e di eguali spinte verticali, ma queste agenti in senso contrario, e trasportandole applicate respettivamente a due fili di eguali lunghezze nell' interno del nostro vaso, per modo che fossero ritenute dai fili sovra una medesima verticale ed equidistanti dal foro, stando quella di forza traente in alto al di sotto di questo, e quella di forza traente in basso al di sopra, abbiamo veduto che all' incominciare dell' efflusso esse si movevano verso il foro, traversando contemporaneamente le medesime verticali, e quando l' efflusso aveva acquistato il movimento permanente si riequilibravano, ma sempre ambedue in corrispondenza della me-

desima verticale; cioè rimanevano ambedue egualmente inclinate verso il foro.

Facendo pendere una pallina simile a quella sopra rammentata, di gravità specifica maggiore dell' acqua, per un sottil filo, da uno dei bracci di una bilancia convenientemente collocata e mantenuta in equilibrio, si è scoperto che a grandissima prossimità del foro di emissione scolpito nel fondo del vaso, la legge di acceleramento di moto delle molecole fluide subisce una molto marcata discontinuità, la quale sembra essere prodotta dall' urto dei filetti contro i bordi del foro, ma la distanza da questo a cui essa ha luogo è così tenue, che sebbene varii alquanto col carico, e forse anche coll' ampiezza del foro, crediamo che non perverrà mai a meritare l' attenzione degli scienziati. Per i battenti 100mm, 150mm, 480mm, essa è respettivamente circa 0mm; 3mm,50; 5mm,50, contando dal piano del foro al centro della pallina la quale aveva 3mm,50 di raggio circa. La forza che corrisponde a queste discontinuità di moto sembraci costante per tutti i carichi da noi considerati, ed eguale ad un di presso a 245 grammi. Tal forza è così violenta, che all' istante che investe la pallina, l' obbliga a muoversi con impeto grandissimo.

CONCLUSIONI

Noi siamo ben lungi dal credere che con questi soli sperimenti possa stabilirsi la dottrina dell' efflusso dei vasi, per le molecole liquide prossime al foro di emissione. Tuttavia presentando il nostro lavoro come semplice saggio su tal difficile ricerca, si stima utile a far comprendere tutti i nostri resultati, riassumere in breve le seguenti conclusioni.

1.° Fino da una certa distanza dal foro esiste una legge continuata di acceleramento nelle particelle liquide

che sembra potersi sottoporre a calcolo, ma quando le particelle sono a grandissima prossimità del foro la legge varia, e probabilmente nè il calcolo nè l' esperienza potrà indicare come prosegua il fluido sino all' egresso del vaso. Dentro a questi due limiti conviene fare esperimenti, e noi ve ne abbiamo tentati.

2.° Questi limiti variano col battente, e credesi ancora coll' ampiezza del foro. Il primo segue la ragione dei logaritimi dei battenti; il secondo non sappiamo con qual legge varii, ma si ritiene che non possa mai allontanarsi dal foro, di tanto da meritare l' attenzione degli scienziati. Le particelle liquide che corrispondono a questo limite son sollecitate dalla medesima forza (P. 2. §. V.), ancorchè il carico dell' acqua sovrastante varj da 100mm a 480mm.

3.° Le molecole fluide percorrono (P. 2. §. I.) linee rette vergenti al foro d' emissione con una legge di acceleramento continuata (P. 2. §. IV. V.) insino a grandissima vicinanza del foro stesso. Non vi è dunque distinzione tra quella parte che si diceva il gorgo e l' altra nella quale si riteneva esistere il moto lineare. Soltanto le velocità non si rendono assai sensibili che a certe distanze dal foro, dalle quali in poi crescono con rapidità sempre maggiore. Quest' ultima parte di fluido, a cui non può convenire la teoria del parallelismo degli strati, dovrebbe coincidere col surriferito gorgo, i limiti del quale servivano d' arresto a tal teoria. Ma le nostre sperienze ci dimostrano che gli acceleramenti di moto assai sensibili hanno luogo a distanze molto maggiori dal foro di emissione di quelle che soglionsi attribuire ai citati limiti. Il battente p. es. di 580mm dà, per un foro tondo di raggio eguale a 4mm,50, acceleramento di moto sensibile alla distanza dal foro stesso di 52mm,50, ed il gorgo suole ritenersi esteso tre raggi circa del foro d' emissione. Dobbiamo dunque conchiudere che la teoria dell' efflusso

dei vasi, seguendo l'ipotesi dei filetti paralleli, non può protrarsi insino ai limiti del gorgo, e devesi arrestare a distanze molto più grandi dal foro di emissione di quelle che competono ai limiti stessi. Saremmo di sentimento di bandire totalmente dalla scienza l'idea di gorgo, giacchè non giova più e proviene da una maniera inesatta di riguardare l'andamento delle molecole fluide in moto; e di sostituirle invece quella dei filetti rettilinei, concorrenti al foro d'emissione, cui corrispondono velocità accelerate in modo che non diventano assai sensibili fino a certe distanze dal foro stesso, quindi vanno aumentandosi molto sollecitamente, e finiscono col crescere con grandissima rapidità.

4.° La legge di acceleramento nelle respettive trajettorie percorse dalle molecole fluide, è rappresentata (P. 2.a §. IV) da una formola empirica dalla seguente forma

$$y = (a - r \log z) \log x - b$$

in cui x dinota i battenti, y le distanze dal foro d'emissione delle respettive molecole fluide, z le forze che animano le stesse molecole al moto, ed a, b, r tre costanti, di cui a, b rimangono le stesse per tutte le trajettorie ed r assume dei valori differenti che convengono alla seguente formola

$$r \operatorname{Cos} C \log (d\, r \operatorname{sen} \varphi) = 0$$

nella quale φ rappresenta gl'angoli d'inclinazione coll'orizzonte delle respettive trajettorie, e c, d due costanti,

5.° L'insieme delle molecole fluide che sono animate da eguali forze, costituiscono delle particolari superficie di rivoluzione attorno alla verticale del centro del foro d'egresso, che rivolgono la concavità verso il foro medesimo. Di tali superficie quelle che corrispondono al foro nel fondo del vaso, rassomigliano un'ellissoide compressa sulla verticale, col centro alquanto al di sopra del foro; e con precisione sono rappresentate (P. 2. §. IV.) dalla seguente formola

$$(m-y)\cos\varphi - n\log(m-y)\operatorname{sen}\varphi = p$$

in cui y dinota le distanze dal foro dei respettivi loro punti, φ gl' angoli che le rette su cui si contano queste distanze fanno coll' orizzonte, ed m, n, p tre costanti, che dipendono dal carico e dal valore della forza che anima le molecole fluide appartenenti alle respettive superficie. Non abbiamo espresse con formola le superficie relative al foro in parete verticale, ma dalle poche sperienze registrate nel §. V della 2.a parte, si rileverebbe che sono simmetriche al di sopra e al di sotto del foro.

6.° Le cagioni fisiche della riscontrata forma, nelle suindicate superficie, relative al foro nel fondo del vaso, sembrerebbe che fossero, la pressione idrostatica esercitata dal liquido sulle molecole più elevate, in grado minore che su quelle più prossime al fondo del vaso e l' azione del fondo stesso sulle particelle che le sono vicine.

7.° Abbiamo trovato sferica la superficie di egual velocità che corrisponde al valore di una forza di un diecimillesimo di gramma, perchè questa era il più piccolo peso che si potesse sottoporre all' esperienza. Perciò crediamo doverne stabilire che tali superfici sono sferoidali col centro alquanto elevato dal foro che supponiano esistere nel fondo del vaso; e queste si accostano sempre più alla forma sferica all' ingrandirsi del raggio vettore o al diminuire della velocità comune che anima le particelle liquide che le costituisco; e sono perfette sfere con il centro al foro quelle che han le particelle con zero di velocità.

Dott. Gaetano Niccoli

——

Considerazioni sulle forze di capillarità e coesione dei liquidi relative alle recenti esperienze dei Sigg. Henry, Donny ed Hager.

del Cav. Prof. O. F. Mossotti.

1.° Laplace fu il primo che dedusse coll'analisi, pel calcolo dei fenomeni capillari, un complesso di formule, le quali corrispondono bene coi risultati delle esperienze: ma la teoria di cui si era servito per questa deduzione fu trovata erronea. Si riconobbe che le costanti che aveva introdotto nelle sue formole per rappresentare degli integrali definiti avevano un valor nullo, nella supposizione da lui adottata di una densità uniforme tanto nell'interno che alla superficie del liquido; e quest'annullamento rende illusorie tutte le sue formole. Si dice che Laplace stesso aveva avvertito questo difetto, e che già stava meditando di dare una nuova teoria dell'azion capillare, quando la morte infelicemente ce lo rapì. Poisson ha supplito in seguito a questa mancanza. Egli fece vedere che per far acquistare agli integrali definiti usati da Laplace un valor effettivo era necessario che la densità andasse rapidamente decrescendo dall'interno verso l'esterno negli ultimi strati alla superficie del fluido. Di questo modo egli stabilì, nella sua *Nouvelle Théorie de l'action capillaire* su ferme basi le formole trovate. Ma da questo perfezionamento in fuori poco trovò da aggiungere alle formole date da Laplace. Inoltre Poisson non entrò in alcun esame sul modo d'equilibrio delle forze tangenziali alla superficie, nè fece alcun cenno della tensione che in essa deve esistere. Pare appunto, per essersi limitato ad una semplice deduzione analitica delle formole, senza aver cercato d'interpretare fisicamente il contenuto di esse, e di penetrare colla mente il meccanismo delle

forze che sono poste in giuoco dalla rarefazione alla superficie del fluido, che cadde in errore nel calcolo di un fenomeno di cui parleremo in appresso, e che è di grande entità nella teoria dell' azione capillare.

2.° Poco tempo prima che la Place pubblicasse nel IV. Volume della *Mécanique céléste* i due supplementi che contengono la teoria dell' azione capillare, Young nella tornata del 20 Decembre 1804, aveva letto la sua Memoria intitolata *Essay on the cohesion of fluids*. In questa Memoria assunse un postulato già emesso da Segner e da Monge, che cioè i fenomeni capillari siano dovuti ad uno stato di tensione in cui sono le superficie dei liquidi; e conforme a questo postulato dedusse l' espressione generale della forma delle superficie liquide, coll' applicazione della quale si possono analizzare tutti i fenomeni capillari. Quest' espressione conduce ad un' equazione differenziale di second' ordine, il cui integrale richiede un' altra equazione ai limiti per essere definito. Onde poter assegnare la condizione necessaria allo stabilimento di quest' equazione, Young fece l' importante scoperta, che l' angolo sotto cui la superficie libera si stacca da quella delle pareti è costante per ogni liquido e per ogni sostanza delle pareti, qualunque sia la forma del contorno, purchè non interrotta da angoli vivi. Young partendo da un postulato vero, eresse così una teoria giusta dei fenomeni capillari, ma quando tentò d' assegnare la causa dello stato di tensione delle superficie liquide, che aveva assunto per base della sua teoria, non ottenne più un egual successo. Le idee di Young su questo soggetto si trovano esposte ai §§. VI. e VII. alla fine della sua Memoria sotto i titoli di *Physical foundation of the low of superficial cohesion*; e *Cohesive attraction of solids and fluids*. Egli parte dalla supposizione che esista nei liquidi una forza coesiva costante ed una forza repulsiva decrescente come le di-

stanze, ed a seconda di questa supposizione considera l'azione reciproca di tre punti situati sopra la superficie libera del fluido. È chiaro che la supposizione della legge di costanza e variabilità delle forze assunte da Young è inconsistente colla natura conosciuta delle forze molecolari, come pure che la considerazione di soli tre punti della superficie è troppo particolare per la questione che trattava. Parimente la dimostrazione della costanza dell' angolo di distacco della superficie libera del fluido da quella delle pareti non regge, come che conduce direttamente al teorema di Clairaut, che quando il solido delle pareti ha la metà di forza coesiva pel fluido che ha il fluido per sè stesso, la superficie libera del fluido deve essere perpendicolare alle pareti, il che è provato falso da Poisson al n.° 20 del primo capitolo della *Nouvelle Théorie de l'action capillaire*. Si può credere che Laplace, in vista di queste imperfezioni circa la spiegazione della trazione, non approfondisse sufficientemente la teoria di Young, e s' inducesse a dare un giudizio forse troppo leggiero della medesima.

3.° Young dal canto suo prese ad attaccare la teoria di Laplace; fece osservare che le forze molecolari, secondo la natura che loro veniva assegnata dal Filosofo Francese, dovevano essere grandemente modificate dall' azione del calore, e che queste modificazioni non erano considerate nella di lui teoria. Di più prescindendo anche da questo difetto, la teoria laplaciana doveva essere erronea, perchè era in contradizione col seguente fenomeno. Facciasi salire, diceva Young, per forza capillare una colonnetta d'acqua in un cannello sottile, e dopo facciasi discendere sull' estremità superiore della colonna aquea una goccia d' olio che la ricuopra di un sottil velo, si vedrà, la colonnetta discendere immediatamente, e fermarsi ad un' altezza molto minore. Laplace aveva invece dedotto dalla sua teoria che la somma dei pesi delle colonnette dei

due fluidi sostenuti nel cannello doveva essere eguale al peso della colonnetta del fluido inferiore quando esiste solo. Poisson che in seguito a Laplace discusse minutamente questo fenomeno, non potendo conciliare la sua teoria col risultato dell' esperimento, emise il suo voto che fosse ripetuto con misure precise. Ma il fenomeno è indubitabile, io ne ho visto un saggio in cui per la sovraposizione di un sottile strato d'olio la colonetta d'acqua discese per più di un terzo dell' altezza primitiva. Il difetto sta nella teoria dei due geometri suddetti.

4.° Il Dott. Young ritornò sopra quest' argomento nel *Philosophical Magazine*, nelle sue Lezioni di Fisica, e per ultimo nel suo interessante articolo *Cohesion* nell' Enciclopedia Brittanica (1). Non abbiamo per ora fra le mani le due prime delle opere citate per poterne parlare, e ci limiteremo al detto articolo, che come ultima produzione contiene le idee più complete dell' Autore. In quest' articolo per analizzare la produzione della tensione superficiale del liquido, in luogo di soli tre punti, egli prese a considerare l' equilibrio dell' intero strato della superficie. Ritenendo sempre che la forza molecolare, o come egli la chiama corpuscolare, sia costante e si estenda solo ad una distanza data, e che la repulsione vari colla distanza, riconobbe che era necessario per l' equilibrio del detto strato che la densità andasse rapidamente decrescendo dall' interno all' esterno. Egli però non considera che una rarefazione normale alla superficie conservando costante la densità laterale, il che non è ammissibile in natura perchè in questo caso si avrebbe un equilibrio instabile non sussistente. La stabilità dell' equilibrio fra forze repulsive

(1) Sono venuto in cognizione che nella nuova edizione dell'Enciclopedia Brittannica trovasi un articolo su quest' argomento del Sig. Airy attuale astronomo di Greenwich. Mi spiace che non avendo ancora potuto procurarmi questa edizione sia costretto ad omettere qualche citazione importante in questo cenno storico.

esige che le molecole si trovino nel centro di tante forze eguali, o che non differiscano che di quantità infinitesime. Dopo l' esposizione dei principii fisici Young applica l' analisi all' espressione generale che aveva dato della forma della superficie dei liquidi, e discute varii casi particolari accoppiando alle sue alcune serie già date da Segner nei Commentarii di Gottinga.

Cosa parimenti degna d' osservazione in questo articolo è che Young aveva già concepito la grandezza a cui la forza di coesione ascende nei liquidi. Egli dichiara esplicitamente che la coesione dell' acqua può assumersi misurata da una colonna dello stesso liquido alta 750,000 piedi; l' Autore non adduce i motivi di questa sua estimazione, nè saprei indicare su quali argomenti la fondò.

5.° Nell' anno 1836 pubblicai un saggio d' alcune idee sul modo in cui parmi che si debba considerare la costituzione dei corpi (1), ed indicai il principio, che credo il fondamentale di tutta la Meccanica molecolare (2), cioè che le molecole dei corpi si respingono nelle minime distanze, sono in equilibrio ad una distanza intermedia, e si attraggono a maggiori distanze, ma tuttavia impercettibili ai sensi. Newton aveva già alla fine delle sue questioni dell' ottica, fatto allusione alla possibilità che le forze molecolari cambiassero di segno, ma supponeva loro un ordine inverso, cioè che da attrattive nelle minori distanze divenissero poi repulsive in distanze più grandi. Boscowich assunse queste alternative di segno delle forze in un modo più generale, considerandole repulsive nel primo stadio, e poi alternativamente attrattive e repulsive un gran numero di volte, complicando così superfluamente il suo sistema. Chiunque infatti rifletta a questo cambiamento d' azione delle forze molecolari da repulsive in

(1) Sur les forces qui régissent la costitution intérieure des corps. ec. Turin.

(2) Veggasi la Nota alla fine. *Sull' applicazione d' un principio ec.*

attrattive, o viceversa, non può a meno di convincersi che porta seco alcun che di complicato, che indica come queste forze non sono semplici di lor natura. Intento ad assegnare un origine plausibile alle forze molecolari, assunsi nel citato opuscolo la legge semplice della ragione inversa del quadrato della distanza, e dotando la materia e l' etere delle stesse forze delle quali fecero uso Franklin ed Æpinus per ispiegare i fenomeni elettrici statici, feci vedere come le molecole vestendosi ciascuna di un' atmosfera d' etere, venivano ad esercitare fra loro delle azioni repulsive dapprima, ed attrattive dipoi, come richiedono i fenomeni molecolari. La stessa azione estesa ai corpi in distanze sensibili, somministra, come notò la prima volta il Dott. Roget (1) una spiegazione dell' attrazione universale.

Volendo cimentare la validità del principio fondamentale di Meccanica molecolare posto in campo, tentai prima di tutto di applicarlo alla spiegazione dei fenomeni capillari. Il modo semplice con cui questo principio dà ragione della rapida diminuzione della densità alla superficie dei liquidi, della conseguente attrazione che deve nascere fra le molecole alla superficie, e quindi della forza contrattile della medesima, e per ultimo della costanza dell' angolo di distacco della superficie del liquido da quella delle pareti, non lasciano dubitare un momento della verità di esso nella produzione dei fenomeni di cui si tratta. I vuoti che aveva lasciato sussistere Young nell' ad-

(1) Mi è grato di cogliere quest' occasione per riparare una negligenza nel non avere già fatto menzione di questo dotto filosofo, e rendergli l' omaggio che gli devo. La prima idea di applicare l' ipotesi di Franklin e di Æpinus a dedurre l' origine delle forze molecolari mi si destò in mente alla lettura del modo semplice col quale il Sig. Roget piegò quest' ipotesi a dar ragione dell' attrazione universale in un' Opuscolo sull' Elettricità stampato nella raccolta popolare intitolata *Librery of useful knowledge*. Il nome dell' Autore mi era ignoto a quel tempo, e non citai l' articolo dell' opuscolo come cosa popolarmente divulgata e di comune cognizione.

ditare la causa della forza contrattile della superficie dei liquidi furono riempiti, e le anomalie della teoria di Laplace e Poisson furono tolte, dando una spiegazione diretta del fenomeno della depressione della colonnetta di acqua in un tal cannello capillare, quando le si fa cader sopra una goccia d'olio. La Lezione nella quale è esposta questa teoria è un po' compatta, ed avrebbe forse bisogno di maggiore sviluppo, ma i punti fondamentali sono tutti stati toccati nel modo più preciso che si è potuto, dovendoci per la natura dell'opera limitare all'uso della semplice geometria elementare (1).

6.º Da quest'epoca in poi avendo preso ad interessarmi dei lavori che si pubblicano sulle azioni capillari, e sulla coesione dei liquidi, per verificare se la teoria continua ad essere d'accordo coi nuovi ritrovati, esporrò quanto mi fu dato di notare relativamente alle recenti esperienze del Sig. Prof. Henry in America, del Sig. Donny nel Belgio, e del Sig. Hagen in Prussia.

Il Sig. Henry (2) richiamò l'attenzione dei Fisici sulla grandezza della forza di coesione, che, come abbiamo riferito sopra, ascenderebbe per l'acqua, secondo l'estimazione di Young, al peso di una colonna dello stesso fluido di 750,000 d'altezza. Che questa forza debba essere grande possiamo convincersene considerando i fenomeni di capillarità. La forza contrattile della superficie libera dell'acqua è di circa 7 milligrammi per ogni millimetro di larghezza. Se conoscessimo la grossezza dello strato superficiale che esercita questa forza, e la rarefazione media di esso, moltiplicando il detto peso pel quoziente di un millimetro diviso per questa grossezza si avrebbe il

(1) Questa Lezione fu data alla luce, avanti la pubblicazione dell'intero corso nella Biblioteca Italiana vol 98, pag 63 e pag. 465: negli Annali delle scienze naturali di Bologna vol. IV pag. 390; e nel giornale di Cambrige per opera del Sig. E. H. I. Craufurd che ebbe la compiacenza di tradurla ad un mio invito.

(2) Philosophical Magazine n.º 175, pag 541.

valore della tensione dell' acqua, corrispondente alla detta rarefazione, per un millimetro quadrato di superficie. Questa forza o tensione sarebbe ancora inferiore alla misura della coesione che è data dal massimo di tensione che può acquistare il liquido senza separarsi; ma come la grossezza dello strato è insensibile, ed il detto quoziente deve essere grandissimo, esso già basta a mostrarci che il valore della coesione deve ascendere ad un peso notevole.

Il Prof. Henry per farsi un' idea del limite inferiore di questo valore, assumendo per grossezza dello strato una quantità certamente più grande, ma sottile quanto più fosse possibile d' ottenere, soffiò una bolla d' acqua saponacea all' estremità più larga di un cannello piegato nella forma di un U, pieno in parte d' acqua. La forza contrattile delle due superficie interna ed esterna della bolla, tendendo a diminuire la sua capacità, l' aria interna veniva compressa, e faceva salire il liquido nel ramo opposto. Valutando colla differenza di livello la forza contrattile della bolla, e stimando colla scala di Newton la grossezza della bolla nell' atto e nel luogo dello scoppio per mezzo del colore che offriva, ottenne gli elementi per fare un calcolo analogo al suesposto. Da questo calcolo egli potè inferire che la coesione deve eccedere parecchie centinaja di libbre per ogni pollice quadrato.

Un altro esperimento simile aveva fatto precedentemente il Prof. Henry collo stesso scopo. Tenendo una bolla d' acqua saponacea sospesa in aria, egli dedusse colla scala di Newton la grossezza della medesima nell' istante e nel luogo dello scoppio per mezzo del colore che presentava, e valutò il peso dell' acqua che pendeva dalla sezione di rottura nello stesso istante. Assumendo per grossezza di questa sezione quella datagli dal calcolo suddetto, potè parimente arguire dal peso sostenuto che la forza di coesione ascende a parecchie centinaja di libbre per

pollice quadrato. Questi esperimenti, come notò lo stesso Sig. Henry, non possono darci che delle valutazioni all'ingrosso, ma bastano per farci concepire che la coesione dell'acqua per se stessa deve essere grande, e forse tanto grande come quella del ghiaccio pel ghiaccio.

7.° Il Sig. Donny (1) ha ripreso a considerare il noto esperimento della quantità d'acqua sollevata da un disco in contatto colla superficie della medesima, e tenuto sospeso da un braccio di una bilancia, ma eseguito con un'apparecchio nel quale invece di elevare il disco, era il vaso contenente l'acqua che andava gradatamente abbassandosi. Egli osservò che quando l'abbassamento del livello generale dell'acqua era giunto ad un certo limite, la colonna liquida sollevata sotto il disco, che occupava la totalità della superficie inferiore dell'medesimo, cominciava subito a restringersi abbandonando successivamente le parti più esterne del disco e restando soltanto sospesa alle più interne, e terminava col formare un solo filetto dopo di che si rompeva. È noto che la colonna d'acqua in questo esperimento prende una forma che gli architetti chiamerebbero una gola, e che il sollevamento della medesima è dovuto alla concavità della superficie esteriore della gola, che tende a tirare orizzontalmente il liquido in fuori, giusta come la concavità della superficie superiore in un cannello capillare tende a tirare la colonna d'acqua per insù. Quando l'esperimento è fatto nell'aria atmosferica lo sforzo che esercita detta superficie distrugge invece una parte della pressione che l'atmosfera esercita su di essa, e la colonna liquida è tenuta sollevata sotto il disco dall'eccesso di pressione sulla superficie liquida circostante dove l'atmosfera ha il suo pieno effetto. Tosto che l'altezza della colonna è arrivata al punto che la sua superficie esterna di rivoluzione non può più conformarsi

(1) Annales de Chimie et Physique. Janv. 1846.

in modo da presentare in ogni suo punto una forza normale che distrugga una parte della pressione atmosferica eguale al peso del filetto fluido elevato nello stesso punto, la pressione atmosferica la vince, si serra addosso tutt' all' intorno alla colonna liquida elevata, premendola la assottiglia sempre più, e finisce coll'annichilarla

8.º Avendo colla considerazione delle forze che operano in quest' esperimento dedotto alcune ovvie conseguenze che già aveva indicato anche il Prof. Henry, cioè, che la misura della coesione dell' acqua non è da confondersi col peso di 53 grani per pollice quadrato, che si richiede nello stesso sperimento per tenere la bilancia in equilibrio avanti l' istante della rottura della colonna liquida, il Sig. Donny passò ad esporre alcune prove dirette della grandezza della coesione dei liquidi. Per un primo esperimento introdusse in un cannello, piegato in forma di un manometro, dell' acido solforico concentrato, e ben purgato d' aria. Il liquido ricopriva tutto il ramo chiuso dell' altezza di $1^m,30$ e soltanto una piccola parte, di $0^m,045$ del ramo aperto, così che la differenza di livello nei due rami era di $1^m,255$. Mise in seguito il ramo aperto in comunicazione col recipiente di una macchina pneumatica, e sottratta quasi per intero la pressione dell' aria che pesava sul liquido in questo ramo, vide che ciò non ostante l' acido solforico non discedeva ad occuparlo, benchè tentasse con forti scosse di promoverne la discesa. Già era noto da molto tempo che comprimendo il mercurio in un cannello barometrico, talchè divenisse in qualche modo aderente alle pareti interne, e rovesciando diligentemente il cannello, questo liquido può sostenersi ad un altezza molto maggiore di 76 centimetri, cioè molto maggiore dell' altezza corrispondente alla pressione atmosferica. Il caso che abbiamo trattato nella nota citata al n.º 5. per mostrare in generale come i corpi si resistono ad essere diradati o divisi, fa concepire per qual

giuoco di forze succede la sospensione delle colonne liquide in cannelli verticali.

Un altro esperimento diretto fece il Sig. Donny per provare la coesione dell' acqua. Egli prese due cannelli di cristallo della lunghezza di un metro, che riempì a metà d' acqua e poi chiuse le estremità aperte alla lampada, lasciando nel primo sussistere l' aria che naturalmente conteneva, e purgando il secondo il più che gli fu possibile d' aria, di modo che rovesciandolo prontamente faceva intendere un colpo secco come nel martello d' acqua. Tenendo il primo cannello, quello contenente dell' aria, nella posizione verticale e percuotendo leggermente nell' estremità superiore, la colonna liquida di risalto veniva a dividersi, e ricadendo dava un colpo secco, il che provava che la divisione del liquido formava un vuoto fra mezzo. Facendo la stessa prova col secondo cannello, per quanto forti fossero i colpi impressi per produrre la rottura della colonna liquida, non gli venne mai dato di ottenerla.

Le conseguenze che direttamente si traggono da questi esperimenti sono che, la coesione è assai indebolita o quasi distrutta dalla presenza dell' aria nell' acqua, e che questa forza può divenire assai considerevole allorchè l' aria è stata bene espulsa.

Tenendo dietro a queste conclusioni il Sig. Donny congetturò che l' acqua ben purgata d' aria, come dotata di maggior coesione, doveva anche entrare in ebullizione a temperature più elevate, ed i risultati e l' effetto de' suoi esperimenti corrisposero infatti a ciò che aveva previsto. Come però gli effetti in queste esperienze sono complicati con altri elementi dipendenti dal cambiamento di stato dei corpi, la loro discussione non potrebbe farsi colle leggi della semplice coesione, e va collegata con un soggetto più esteso di quello che ora trattiamo.

9.° Il Sig. Hagen ha fatto l' importante osservazione che le forze capillari dei liquidi, e quindi la forza contrattile della loro superficie diminuisce col tempo. Secondo questo esperimentatore, la forza contrattile che sarebbe, rispetto all' acqua di $7^{mg},4$ per una striscia di un millimetro di larghezza, può ridursi a $4^{mg},5$ col tempo. Secondo la teoria la forza contrattile dipende dalla rarefazione del liquido nello strato alla superficie, e quindi deve essere tanto più grande, quanto più differenti saranno le densità sulla faccia interna ed esterna di questo strato rarefatto. Col tempo, se nessuna causa agita l' aria, deve necessariamente stagnarsi sulla superficie de'liquidi un velo di vapore, il quale deve probabilmente dar luogo a far terminare il liquido alla superficie esteriore con una densità un po' più grande, dal che ne seguirebbe che la forza contrattile verrebbe a diminuire. Il Sig. Hagen notò anche, che questa diminuzione della forza contrattile risulta minore quando l' acqua è stata bollita.

10.° La grandezza della forza di coesione o tensione che possono spiegare i liquidi secondo i citati esperimenti, e che la teoria conferma, mi porgono l' occasione di soggiungere una nuova riflessione avanti di por termine a questo Articolo. Gli idraulici nello stabilire le equazioni del movimento dei liquidi non prendono per nulla in considerazione la coesione, che pure può dar sviluppo a delle forze attive assai grandi per delle variazioni ancor impercettibili di volume. Quest' omissione può rendere erronee le equazioni delle quali si fa uso nell' idraulica, particolarmente nei movimenti oscillatorii od irregolari non permanenti. Se a questo difetto si aggiunge che pei liquidi formati, come sono in natura, di molecole disgiunte, la condizione che le molecole che sono una volta sulla superficie o contigue alle pareti debbano rimanervi durante tutto il movimento non è più necessaria, come nel caso della continuità, chiaro si vede che nelle teorie

idrauliche non solo siamo arrestati dalle difficoltà analitiche delle integrazioni, ma che le stesse equazioni differenziali, dedotte dalla vera natura fisica dei liquidi, ancora ci mancano.

NOTA

Applicazione di un principio fondamentale di meccanica molecolare alla costituzione dei corpi.

Il principio di cui si parla nel testo ci pare d'una importanza così trascendente, che quantunque ne abbiamo già mostrato l'applicazione in altri scritti, pure non esitiamo a produrla anche in questo per estenderne sempre più la cognizione alla generalità dei lettori.

Proponiamoci di vedere come i corpi constando di molecole slegate e poste a distanze fra loro, siano, in virtù del principio che le molecole si respingono alle minime distanze, e si attraggono in distanze un po' maggiori ma tuttavia insensibili, atti a resistere tanto ad una compressione che ad una distensione.

Rappresenti *ABCD* la massa di un corpo; attraverso alla medesima immaginiamo un piano, ed in un punto qualunque perpendicolarmente a questo piano un piccolo cilindro *c c'*, alto tanto quanto si estende l'azione sensibile delle forze molecolari. Se supponiamo la massa costituita in equilibrio è indifferente per le condizioni d'equilibrio del cilindretto, che concepiamo le sue molecole come collegate fissamente fra loro, o no, questi legami non potendo alterare lo stato d'equilibrio esistente. Consideriamo l'azione sul cilindretto della parte del corpo situata dal lato opposto del piano. Secondo il principio stabilito che le molecole si respingono nelle minime distanze e si attraggono in distanze un po' maggiori, le molecole più vicine del cilindretto e della parte della massa al di

là del piano si respingeranno fra loro, e quelle più lontane si attrarranno. Se quindi il cilindretto è in equilibrio, e non ha alcuna tendenza a penetrare nel piano o a staccarsi da esso, bisognerà che la somma delle componenti perpendicolari al piano delle forze repulsive fra le molecole respettivamente più vicine sia eguale alla somma delle componenti delle forze attrattive fra le molecole più lontane. Questo ragionamento potendosi ripetere in qualunque punto della massa ed in qualunque direzione sia condotto il piano, ne segue che in una massa naturalmente in equilibrio, nella quale cioè non esiste nè pressione nè trazione alcuna, le molecole devono stare a tale distanza fra loro, che immaginando in ogni punto ed in ogni direzione un cilindretto della lunghezza equivalente al raggio della sfera in cui le azioni molecolari sono sensibili, le molecole che lo compongono formino un sistema sul quale la somma delle azioni della parte della massa situata al di là del piano, condotto perpendicolarmente all' asse del cilindretto e per la sua base, sia nulla.

Vediamo come una massa così costituita, e perciò matematicamente disposta a cedere a qualunque azione esterna, divenga atta ad opporre una resistenza, tostochè si procede a produrre una pressione o trazione sulla medesima. Supponiamo per facilità di concetto che la massa sia circondata da pareti incompressibili eccetto che da un lato sul quale si venga ad esercitare una pressione. Appena un avvicinamento minimo ed uniforme delle molecole sarà prodotto che immediatamente si spiegherà una resistenza notevole. Infatti immaginando di nuovo il cilindretto su descritto, con una leggiera riflessione si scorge che, quantunque pel condensamento avvenuto tanto le molecole nello stato repulsivo come quelle nello stato attrattivo siano cresciute di numero nella stessa proporzione, e quindi che per questa causa le somme delle forze attrattive e repulsive siano ancora eguali fra loro, pure

siccome le forze molecolari sono frazioni rapidamente decrescenti colle distanze, l'effetto repulsivo delle molecole rispettivamente più vicine, sarà aumentato in una proporzione maggiore dell'effetto attrattivo fra le molecole respettivamente più lontane, per cui il cilindretto verrà a sentire una forza che tende a respingerlo lungi dal piano. Questa repulsione crescerà coll'avvicinamento successivo delle molecole, e quando sarà divenuta eguale all'azione proveniente dalla pressione esteriore ogni condensazione sarà arrestata, e l'equilibrio restituito. Ciò che vale pel cilindretto su cui abbiamo ragionato, valendo per qualunque altro si vede come la massa intera per mezzo di una condensazione minima, e spesse volte insensibile diviene capace di resistere alla pressione che soffre, benchè grande.

Un'effetto opposto avrà luogo tutte le volte che una causa esteriore tenderà a diradare la massa aumentando le distanze rispettive fra le molecole. Per fare un caso praticabile, supponiamo che un cannello aperto e ripiegato nella estremità inferiore, pieno di un liquido pesante, sia tenuto verticalmente in un luogo vuoto d'aria per non avere a considerare la pressione atmosferica. Il liquido pel proprio peso tenderà naturalmente ad escire dall'estremità inferiore del cannello. Sia questo liquido uno di quelli che bagnano le pareti, cioè di quelli in cui la coesione colla sostanza delle pareti, è più forte che la coesione con se stesso. In questo caso, quando il cannello si votasse, il liquido interno verrebbe a scorrere entro un involucro pure di liquido, che sarebbe quello che rimarrebbe aderente o bagnerebbe le pareti, così che non avremmo bisogno che di considerare la coesione propria del liquido. Supponiamo ancora che il liquido del cannello sia stato reso perfettamente omogeneo colla distillazione, bene purgato d'aria con una prolungata ebullizione, e siasi presa ogni precauzione, onde non se ne

sia introdotta di nuovo. In questa disposizione di cose è evidente che il liquido, od una porzione di esso non può cominciare a discendere senza diradarsi prima in alcune parti del cannello, e poi staccarsi dal resto. Ora appena questa diradazione sarà incominciata, che le proporzioni fra le forze molecolari, che tenevano le molecole nelle respettive distanze corrispondenti allo stato naturale, verranno subito a cambiare. Riconsiderando il piccolo cilindretto, si conoscerà, per le stesse ragioni addotte sopra, che l'effetto delle forze repulsive, fra le molecole rispettivamente più vicine, diminuirà in una ragione più rapida dell'effetto delle forze attrattive, fra le molecole rispettivamente più lontane, e che quindi il cilindretto sarà attratto verso il piano. Questo discorso è applicabile a tutti i cilindretti, che si possono immaginare pendere da una sezione orizzontale condotta attraverso il cannello, ed il liquido non potrà staccarsi da questa sezione a meno che il peso della colonna inferiore superi l'attrazione che al diradarsi del liquido nasce su tutti i cilindretti. Questa attrazione ha un massimo, perchè la perdita delle forze repulsive fra le molecole vicine diventa sempre meno grande in confronto della perdita delle forze attrattive fra le molecole più lontane, e finisce coll'eguagliarla. Il massimo a cui arriva questa forza, dopo cui il fluido si stacca, dà la misura della coesione. Questa è la forza, che, come abbiamo riferito sopra, Young valutò ascendere per l'acqua al peso di una colonna dello stesso fluido alta 750,000 piedi.

Abbiamo fatto il caso di una colonna liquida contenuta in un cannello collo scopo di preparare le idee del lettore ad un'applicazione che troverà nel seguito dell'Articolo, ma è chiaro che in qualunque modo una massa venga a diradarsi per l'effetto di forze meccaniche esteriori, sempre si svilupperà in essa la forza di coesione che abbiamo analizzata, perchè sempre verranno a sussistere le stesse cause che la producono.

I ragionamenti per mezzo dei quali abbiamo riconosciuto il modo con cui i corpi spiegano una resistenza ad essere compressi o distesi ci conducono ad una conseguenza importante. Ammesso che tutte le forze della natura emanino dalla materia, l'attitudine dei corpi a resistere ad una compressione o distensione involve la necessità che la loro composizione sia atomistica, cioè che siano formati di atomi isolati e distanti fra loro (1). Infatti se la materia nei corpi fosse continua, non solo le forze repulsive ed attrattive che abbiamo considerato agire sul cilindretto continuerebbero ad aumentare o diminuire di numero nella stessa ragione, cioè proporzionalmente al quadrato della densità, secondo che il corpo si comprime o si dilata, ma anche la variazione delle forze repulsive fra le molecole respettivamente più vicine, che prima era in eccesso su quella delle forze attrattive fra le molecole più lontane, verrebbe ora ad essere eguale. Il cilindretto si troverebbe quindi sempre in equilibrio, nè mai opporrebbe una resistenza ad un'ulteriore compressione o distensione. Questa resistenza nasce quando le molecole sono separate da intervalli vuoti, vale a dire, per parlare geometricamente, quando non è più lecito di sostituire degl' integrali definiti alle somme delle forze che agiscono sul cilindretto, pel motivo che esiste la circostanza che le forze cambiano di segno colle distanze nell' intervallo dell'azione molecolare, come acutamente osservò il Poisson (2).

(1) Quando usiamo il vocabolo di atomo o di molecola non vogliamo attaccare a questo vocabolo altro significato che quello di un centro da cui emanano delle forze. La Natura non ci è conosciuta che ne' suoi fenomeni, o sia negli effetti delle sue forze, e come queste forze ci si rappresentano aderenti a dei centri che le trasportano con loro, abbiamo fatto di questi centri degli enti che costituiscono ciò che chiamiamo materia; ma dobbiamo tener presente che nello studio della fisica non si ragiona d'altro che degli effetti di forze che sembrano emanare da centri mobili intorno ai quali operano con una legge di continuità.

(2) Journal de l'École Polytechnique. Tom. XIII. pag. 14.

La coesione che abbiamo considerato appartiene tanto ai liquidi che ai solidi: ma rispetto ai solidi si congiunge con essa un altro effetto. Nei liquidi (1) le forze repulsive ed attrattive agiscono intorno alle molecole sfericamente, cioè sensibilmente colla stessa intensità in tutte le direzioni, nei solidi l' intensità è diversa da diversi lati, od in diverse direzioni. Da questa circostanza ne segue, che le molecole dei primi corpi possono rotare liberamente intorno a loro medesime, e potendo sdrucciolare le une sopra le altre, purchè conservino le medesime distanze, danno al corpo la suscettibilità di conformarsi in una figura qualunque. Nei corpi solidi invece le molecole sono impedite dal rotare, perchè le forze molecolari agendo più fortemente in una direzione che in un'altra, obbligano le molecole a coordinarsi ed orientarsi tutte sulle medesime direzioni, come nei cristalli, e non è più possibile spostarne alcune senza sconvolgere l'ordine di un gran numero d'altre. Da ciò risulta una resistenza in questi corpi a cambiar di figura, e tale secondo effetto delle forze molecolari potrebbe indicarsi col nome di aggregazione o di solidità. In quanto alle circostanze che possono dar origine alla variabilità nell' intensità delle forze molecolari in diverse direzioni, ed alle cause del diverso stato dei corpi, solido, liquido, od aeriforme, rimanderemo il lettore alle introduzioni delle Lezioni XII. e XVIII. del nostro Corso Elementare di Fisica Matematica, ed al n.° 8 della nostra Memoria *Sur les forces qui régissent la costitution intérieure des corps ec.*

(1) Nouvelle Théorie de l' action capillaire pag. 281

Serie di Verni rigidi e di Verni miti, come di State calde straordinariamente, e di State fresche, dall'anno 762, all'anno 1845-46.

compilata da Francesco Pistolesi (1).

ABBREVIATURE

vr Verno rigido, *vm* Verno mite, *sc* State straordinariamente calda, *sf* State fresca.

762-3	*vr*	932	*vr*	1089	*vr*	1171	*vr*
763	*sc*	940	*vr*	1091	*vr*	1171	*sc*
763-4	*vr*	947	*vr*	1093	*vr*	1174	*vr*
775	*vr*	960	*vr*	1100	*vr*	1178-79	*vr*
786	*vm*	964	*vr*	1101	*vr*	1186-87	*vm*
793	*vr*	974-75	*vr*	1114	*vr*	1187-88	*vr*
800	*vr*	976	*vr*	1116	*vr*	1199	*vr*
801	*vr*	987-8	*vr*	1117	*vr*	1201	*vr*
801	*sf*	991-2	*vr*	1118-19	*vr*	1203	*vr*
811	*vr*	993	*sc*	1120	*vr*	1204	*vr*
813	*vr*	994	*vr*	1124	*vr*	1205	*vr*
821-22	*vr*	994	*sc*	1125	*vr*	1206	*vr*
823-24	*vr*	998	*vr*	1126	*vr*	1209	*vr*
827	*vr*	1000	*sc*	1127	*vr*	1210	*vr*
829	*vr*	1003	*vr*	1130	*sc*	1211	*vr*
832	*vr*	1009	*vr*	1132	*vr*	1212	*vr*
859-60	*vr*	1010-11	*vr*	1133	*vr*	1216	*vr*
860	*sc*	1022	*vr*	1135	*vr*	1220	*vr*
864	*vr*	1022	*sc*	1141	*vr*	1225	*vr*
874-5	*vr*	1044	*vr*	1143	*vr*	1228	*vr*
880	*vr*	1048	*vr*	1144	*vr*	1232	*sc*
891	*vr*	1060	*vr*	1149	*vr*	1233	*vr*
892	*vr*	1063	*vr*	1156	*vr*	1234	*vr*
893	*vr*	1065	*vr*	1157	*vr*	1236	*vr*
895	*vr*	1067	*vr*	1157	*sc*	1250	*vr*
907-8	*vr*	1069	*vr*	1162	*vr*	1251	*vr*
913	*vr*	1074	*vr*	1164	*vr*	1257	*vr*
922	*vr*	1076-7	*vr*	1165	*sc*	1260	*sc*
927-28	*vr*	1078	*vr*	1167-68	*vr*	1261	*vr*

(1) Articolo presentato dal Cav. Prof. Carlo Matteucci.

1269	*vr*	1358	*vr*	1478	*vr*	1544	*sc*
1272	*vr*	1360-61	*vr*	1480-81	*vr*	1544-45	*vr*
1276	*sc*	1363	*vr*	1482	*vr*	1546	*vr*
1277	*sc*	1364	*vr*	1490	*vr*	1548	*vr*
1280	*vr*	1368-69	*vr*	1491	*vr*	1548-49	*vr*
1281	*vr*	1378	*vr*	1492	*vr*	1551	*vr*
1285	*vm*	1385	*vr*	1493-94	*vr*	1551	*sc*
1287	*vm*	1391	*vr*	149 . . .	*vm*	1551-52	*vm*
1288	*vr*	1393	*vr*	1499	*vr*	1552	*sc*
1289	*vm*	1393	*sc*	1502	*vr*	1552-53	*vr*
1289-90	*vr*	1393-94	*vr*	1503	*vr*	1554	*vr*
1292	*vr*	1394	*sc*	1503	*sc*	1555	*vr*
1293	*sc*	1399	*vr*	1504	*vr*	1555	*sf*
1294	*vr*	1400	*vr*	1504-5	*vm*	1556	*sc*
1294	*sc*	1407-8	*vr*	1506	*vr*	1557-58	*vr*
1295	*vr*	1414	*vm*	1507	*vr*	1560	*sc*
1296	*vr*	1419-20	*vm*	1510-11	*vr*	1561	*vr*
1300	*vr*	1420-21	*vr*	1512	*vr*	1562	*vr*
1300-1	*vm*	1422	*vr*	1513	*vr*	1562	*sc*
1302	*vr*	1423	*vr*	1514	*vr*	1564-65	*vr*
1303	*sc*	1426	*vm*	1518	*vr*	1567	*sc*
1304	*sc*	1427	*vm*	1522-23	*vr*	1568-69	*vr*
1305	*vr*	1429	*vr*	1523	*sc*	1570	*sc*
1306	*vr*	1432	*vr*	1525	*vr*	1570-71	*vr*
1308-9	*vr*	1433-34	*vr*	1528	*vm*	1571	*sc*
1310	*vr*	1436	*vr*	1528	*sf*	1572	*vr*
1316	*vr*	1440	*vr*	1529	*vm*	1573	*vr*
1318	*vr*	1442	*vr*	1529	*sc*	1575	*vr*
1319	*vr*	1447	*sc*	1530	*vr*	1584	*vr*
1322-23	*vr*	1448	*vr*	1532	*vm*	1586	*vm*
1323-24	*vr*	1449	*vr*	1533	*vr*	1588	*vr*
1331	*vr*	1452	*vr*	1534	*vr*	1588-89	*vm*
1333	*sc*	1457-58	*vr*	1535	*sc*	1593	*vr*
1334	*vr*	1459-60	*vr*	1538	*sc*	1594	*vr*
1339	*vr*	1461	*vr*	1539	*vr*	1595	*vr*
1340	*vr*	1464-65	*vr*	1539	*sc*	1597	*vr*
1341	*vr*	1468-69	*vr*	1540	*sc*	1600	*vr*
1342	*vr*	1471	*vr*	1541	*vr*	1601	*vr*
1344-45	*vr*	1473	*vm*	1541	*sc*	1603	*vr*
1345	*sc*	1473	*sc*	1542	*vr*	1604-5	*vr*
1346	*vr*	1474	*sc*	1543	*vr*	1606	*vr*
1352	*sc*	1477	*vr*	1543	*sc*	1607-8	*vr*
1354	*vr*	1477	*sc*	1543-44	*vr*	1609	*vr*

1615	*vr*	1693-94	*vr*	1736	*vr*	1770	*vr*
1615	*sc*	1694	*sc*	1737	*sc*	1771	*vr*
1616	*vr*	1695	*vr*	1738	*vr*	1771	*sc*
1616	*sc*	1995-96	*vr*	1739	*sc*	1771-72	*vr*
1621	*vr*	1696	*sc*	1739-40	*vr*	1772	*sc*
1621	*sc*	1696-97	*vr*	1740	*sf*	1774	*vr*
1621-22	*vr*	1697-98	*vr*	1740-41	*vm*	1774	*sc*
1624-25	*vr*	1699	*vr*	1742	*vr*	1775	*vr*
1632	*sc*	1700	*sc*	1744	*vr*	1775	*sc*
1638	*vr*	1700-1	*vr*	1745	*sc*	1776	*vr*
1642	*vr*	1701	*sc*	1745-46	*vr*	1776	*sc*
1643	*vr*	1702	*vm*	1746	*sc*	1777	*vr*
1644	*sc*	1702	*sc*	1746-47	*vr*	1778	*sc*
1646	*vr*	1703	*sc*	1748	*vr*	1778-79	*vm*
1646	*sc*	1704-5	*vr*	1748	*sc*	1779	*sc*
1652	*sc*	1705	*sc*	1749-50	*vr*	1779-80	*vr*
1653	*vr*	1706	*sc*	1751	*vr*	1780	*sc*
1653	*sc*	1707	*vm*	1752	*sc*	1780-81	*vr*
1655-56	*vr*	1707	*sc*	1753	*sc*	1782	*vr*
1657-58	*vr*	1708-9	*vr*	1754	*vr*	1782-83	*vr*
1659	*vr*	1715	*vr*	1754	*sc*	1783	*sc*
1660	*vr*	1716	*vr*	1755	*vr*	1783-84	*vr*
1660	*sc*	1716	*sc*	1755	*sc*	1784	*sc*
1661	*vm*	1716-17	*vr*	1757	*vr*	1785	*vr*
1662-63	*vr*	1718	*vr*	1757	*sc*	1785	*sf*
1664	*vr*	1718	*sc*	1758	*vr*	1786	*vr*
1665	*vr*	1719	*vr*	1759	*vm*	1786	*sc*
1666	*vr*	1719	*sc*	1759-60	*vr*	1788	*vm*
1667	*vr*	1720	*sc*	1760	*sc*	1788	*sc*
1669-70	*vr*	1723	*sc*	1760-61	*vm*	1788-89	*vr*
1672	*vr*	1724	*vr*	1761	*sc*	1791	*sc*
1677	*vr*	1724	*sc*	1762	*vr*	1792	*vr*
1679	*vr*	1725	*vr*	1762	*sc*	1793	*sc*
1679	*sc*	1726	*vr*	1762-63	*vr*	1794	*sc*
1680	*vr*	1726	*sc*	1763	*sc*	1794-95	*vr*
1683	*vr*	1727	*sc*	1765	*vm*	1796	*sc*
1684	*vr*	1728	*sc*	1765	*sc*	1798-99	*vr*
1687	*vr*	1728-29	*vr*	1766	*vr*	1800	*vr*
1689	*sf*	1731	*vr*	1767	*vr*	1800	*sc*
1691	*vr*	1732	*vr*	1767-68	*vr*	1801	*vr*
1991	*sc*	1733	*vr*	1768	*sc*	1801	*sc*
1692-93	*vr*	1734	*vr*	1769	*vm*	1802	*vr*
1693	*sc*	1735	*vr*	1769	*sc*	1802	*sc*

1803	*vr*	1812-13	*vr*	1822-23	*vr*	1833-34	*vm*
1803	*sc*	1813	*sf*	1823	*sf*	1834	*sc*
1803-4	*vm*	1813-14	*vr*	1824	*sc*	1835-36	*vr*
1804	*sc*	1815	*vr*	1824-25	*vm*	1836	*sc*
1806	*vm*	1815	*sf*	1825	*sc*	1836-37	*vr*
1806	*sc*	1816	*sf*	1825-26	*vr*	1837-38	*vr*
1807	*vr*	1816-17	*vm*	1826-27	*vr*	1838-39	*vr*
1807	*sc*	1817	*sf*	1827-28	*vr*	1840-41	*vr*
1808	*sc*	1817-81	*vr*	1828	*sc*	1841	*sc*
1808-9	*vr*	1818	*sc*	1828-29	*vr*	1841-42	*vr*
1809	*sc*	1818-19	*vm*	1829	*sf*	1842	*sc*
1809-10	*vr*	1819	*sc*	1829-30	*vr*	1844-45	*vr*
1810	*sc*	1819-20	*vr*	1830	*sc*	1845	*sc*
1811	*vm*	1820	*sc*	1830-31	*vr*	1845-46	*vm*
1811	*sc*	1321	*sc*	1832	*sc*		
1812	*vr*	1821-22	*vm*	1832-33	*vr*		
1812	*sf*	1822	*sc*	1833	*sf*		

Resultati ed Osservazioni

Verni rigidi	N.°	339
— miti	«	38
State calde	«	134
— fresche	«	14.

Dividendo gli anni in due parti; una di 983 anni, dal 762 al 1745 e l' altra di 100 anni, dal 1745-46 al 1845-46, si hanno le seguenti cifre.

	Dal 762-3 al 1745	Medie di anni 100		Dal 1745-46 al 1845-46
V. R. . .	278	28,2	V. R. . .	61
V. M. . .	23	2,3	V. M. . .	15
S. C. . .	78	7,9	S. C. . .	56
S. F. . .	5	0,5	S. F. . .	9.

Apparisce dunque chiaramente che scarseggiamo di notizie pei tempi andati, e si intende come la scarsezza si

faccia maggiore secondo che minori occasioni di notarle presentarono le state fresche, i verni miti e le state calde agli Storici, i quali non avevano vedute scientifiche. Attenendoci pertanto all'ultimo centinajo, che ispira più fiducia, potremo desumere che i verni rigidi (anche due in una sola annata) sono stati alquanto più frequenti che le state calde; che la ricorrenza degli uni e delle altre ha superato la metà delle annate contemplate; e che la frequenza dei verni miti è presso a poco tre quarti minore di quella dei rigidi, mentre la frequenza delle stati fresche lo è circa due terzi di quella delle calde.

Gli anni del periodo di cui si tratta ne' quali non ricorsero nè verni nè state straordinarie, sono soltanto dieci, cioè: 1756. 1764. 1773. 1787. 1790. 1795. 1797. 1805. 1839. e 1843; talchè a rigore dir si potrebbe che questi furono gli anni straordinarj e non gli altri.

Che poi niuna influenza abbiano i verni rigidi o i miti sulle sopravvenienti state, o queste su quelli, si rileva da ciò, che alle state calde non isolate, precedette o seguitò un egual numero di verni rigidi, come i verni miti non isolati sono stati preceduti e seguitati da egual numero di estate calde.

La cognizione di questo fatto è importante quanto quella dell'assai minor ricorrenza de' verni miti e delle state fresche a fronte dei verni rigidi e delle state calde, giacchè additato diversamente avrebbe la teoria della compensazione, che è l'unico mezzo onde possa aver luogo l'inalterabilità dei climi la quale riscontriamo mantenersi in generale dai tempi storici a' nostri. Ma forse i fatti dei quali parliamo sono più apparentemente che sostanzialmente opposti alla teoria, poichè dalle nostre cifre emerge il curioso resultato che la somma dei verni rigidi e delle state fresche eguaglia, meno uno, quella dei verni miti e delle state calde:

$$61\,(v\,r) + 9\,(s\,f) = 70$$
$$15\,(v\,m) + 56\,(s\,c) = 71$$

BIBLIOGRAFIA

Ueber die Baltimore-Ohio-Eisenbahn in Nordamerika, und die nordamerikanischen Lokomotive. Wien 1844.

Questo libro, che il Sig. Ingegnere Carlo Ghega reduce dai suoi viaggi negli Stati Uniti d'America pubblicava or sono due anni, contiene la descrizione di una delle principali linee ferrate di quella contrada, alcune considerazioni sulla teoria delle macchine locomotrici in sviluppo dei principii posti dal Sig. Pambour ed infine un cenno sulle locomotive di costruzione Americana le quali per varj perfezionamenti si distinguono da quelle che sono più comunemente in uso tra di noi. Nell'accingermi adesso a dare un rapido cenno di quel libro io lascerò di parlare delle due prime parti; tacerò dell'una perchè mi sembra d'un interesse men generale a malgrado della grandiosità e moltiplicità dell'opere d'arte occorse allo stabilimento di quella linea ferrata; tacerò anche dell'altra comunque importantissima poichè non potrei parlarne almeno per adesso siccome si conviene, essendo d'uopo a far ciò un lungo studio dell'argomento non certamente esaurito finora e che sarebbe bello ed utile di sviluppare completamente. Io mi restringo adunque a dir poche parole su quel che riguarda la costruzione delle locomotive americane; e ciò non riuscirà forse inopportuno adesso che per la via ferrata da Pisa a Lucca si metteranno in attività due di tali macchine locomotrici: perlochè potrà al pubblico essere grato il conoscere sommariamente in che differiscano principalmente da quelle che corrono già sulla strada Leopolda e quali siano le vedute teoriche dietro le quali si sono fatti nelle officine del Nuovo Mondo questi miglioramenti alle Locomotive, che pur tutti sanno essere colà state mandate dapprima dall'Inghilterra.

Questo fatto singolare non manca di avere la sua ra-

gione, la quale sta in ciò; che l' America e specialmente gli Stati Uniti avevano le strade di ferro prima che il vapore fosse applicato alla locomozione terrestre, e su quelle erano tirati i carriaggi dalla forza dei cavalli. Un tal mezzo di locomozione aveva permesso nella costruzione delle strade ferrate di adoprare delle curve di un raggio molto piccolo di curvatura e di eccedere nelle pendenze quei limiti che non soglionsi comunemente oltrepassare in Europa nelle strade ferrate destinate alle locomotive. Or nacque da tal circostanza che quando dall' Inghilterra pervenne in America la prima locomotiva e si vollero ridurre le strade di ferro capaci d' esser percorse da quel nuovo motore, molte difficoltà s' incontrarono e talune insuperabili senza cambiare affatto l' andamento della linea. Così non appena si eressero negli Stati Uniti d'America delle officine per la costruzione delle locomotive onde rendersi anche in ciò indipendenti dall' emula Inghilterra, che tosto si pensò a migliorare quelle macchine per renderle atte a percorrere le linee già esistenti senza essere costretti a quel cambiamento. E perfezionate con tale veduta le locomotive Americane traversano ora l' Atlantico per venire a correre sulle linee ferrate Europee e fin' anche su quelle dell' Inghilterra nelle di cui officine si è già cominciato a prenderle per modello.

Da quanto ho detto in spiegazione di questo fatto si può già rilevare, che il rendere le locomotive capaci di descrivere curve molto sentite ed il farle atte a rimontare sopra strade più inclinate di quello che sogliano essere generalmente le ferrate, sono i due principali vantaggi conseguiti mercè i perfezionamenti americani; i quali però hanno anche contribuito alla solidità della macchina ed alla sicurezza dei convogli. E la nuovità delle locomotive Americane che loro procaccia questi vantaggi può dirsi che consista tutta nel numero e grandezza delle *Ruote muoventi*, nello sterzo di cui sono munite le *ruote*

mobili (1), nella posizione dei corpi di tromba e nel modo di comunicare il movimento agli assi delle prime ruote.

Quanto al numero delle ruote esse sogliono essere o sei od otto, giacchè l'aumentarle al di sopra di questo numero non si è riconosciuto conveniente almeno nella generalità dei casi attesochè il peso della locomotiva si accresce di troppo. Nelle locomotive a sei ruote quattro di esse sono *mobili* e due sole *moventi*: queste sono situate posteriormente, quelle sul dinanzi e sono infilate in due assi connessi fra loro rigidamente per modo che si mantengano invariabilmente paralleli. Questa specie di ossatura d'un carro a quattro ruote senza sterzo è unita al gran telajo su cui riposa tutta la macchina per mezzo di un pernio centrale intorno al quale può girare il sistema delle quattro *ruote mobili* ora descritto. Nelle locomotive poi ad 8 ruote le *mobili* sono sempre quattro e sempre disposte ugualmente; e quattro pure sono le *moventi*, e queste fanno un sistema rigido coi respettivi assi e le posteriori sono congiunte colle anteriori da ambe le parti mediante due spranghe rigide le cui estremità sono fissate per mezzo di perni a due punti equidistanti dal centro di due raggi paralleli delle ruote, di modo che il movimento di queste non sia impedito ed anzi dal moto delle une sia reso necessario il moto delle altre. Si ha così il vantaggio che una maggior porzione del peso della Locomotiva graviti su quelle ruote che colla loro adesione sulle guide devono muovere tutto il convoglio. Ed in grazia di questo sistema e dell'intelligente disposizione data alle diverse parti della macchina sul telajo colla veduta di farne cadere il centro di gravità fra i due assi delle

(1) Queste denominazioni di Ruote moventi e Ruote mobili saranno, credo, facilmente intese dal lettore. Io intendo designare colla prima denominazione quelle ruote che sono messe in movimento dalla macchina, ma che può dirsi che muovano tutto il convoglio; e colla seconda le altre che sono libere e non hanno altro ufficio che quello di sostenere la locomotiva.

ruote moventi, si è giunti nelle locomotive americane di più recente costruzione ad ottenere che del peso totale della Macchina i $^{25}/_{33}$ gravitino sulle ruote moventi e producano quindi l'adesione. Si vede adunque come i due importanti scopi propostisi dai costruttori Americani di locomotive siano stati primieramente raggiunti mercè la disposizione data alle ruote muoventi ed alle ruote mobili. Mediante la prima sonosi messe le locomotive nella possibilità di produrre un maggior sforzo da impiegarsi o nel trascinare un più gran carico sopra una linea piana, o nel rimontare sopra linee maggiormente inclinate; mediante la seconda che è stata applicata anche alle ruote anteriori d'ogni carro del convoglio si è ottenuto di percorrere delle linee i cui raggi di curvatura facciano un angolo sensibile anche nella distanza che passa tra le ruote posteriori e le anteriori della locomotiva e dei carri.

Vengo ora a parlare della grandezza delle ruote che gli Americani hanno molto diminuita a confronto degli Inglesi colla veduta di contribuire con ciò ad un più perfetto conseguimento dei due scopi ora accennati.

Ecco le misure generalmente adottate nelle locomotive americane in confronto di quelle delle ruote delle macchine inglesi. Nelle prime il diametro delle ruote moventi non oltrepassa mai i 4 piedi ed in alcune locomotive esso è soltanto di 3 piedi e sono quelle più specialmente destinate al trasporto delle mercanzie nel qual caso non importa di raggiungere la massima velocità, ma sibbene di aver l'attitudine a trascinare il maggior carico possibile ossia a produrre il massimo sforzo. Nelle locomotive europee invece il diametro delle ruote moventi raramente è minore di 5 piedi, ed oscilla sempre fra i 5 ed i 6 piedi. La differenza dunque nella grandezza delle ruote moventi fra le locomotive di costruzione inglese e quelle che si fabbricano al di là dell'Atlantico è molto considerevole e non lo è meno quella fra la grandezza delle ruote mobili le quali nelle locomotive americane sogliono avere soltanto 2 $^1/_2$ piedi di diametro.

Mi sembra utile adesso l'enumerare sommariamente le conseguenze dell'accrescere o del diminuire il diametro delle ruote delle Locomotive e dei carri onde si veda per quali ragioni i costruttori Americani possano avere conseguito un vantaggio nell'impiccolirle.

Se ricordiamo la disposizione data alle ruote delle locomotive americane e da noi descritta superiormente, apparirà evidente che tanto pei sistemi delle ruote mobili quanto per quelli delle ruote moventi nelle locomotive ad 8 ruote è cosa utile che i due assi che li costituiscono e sono invariabilmente connessi fra di loro, siano molto ravvicinati l'uno all'altro per modo che qualunque sia la curvatura della strada il piccol tratto interposto fra essi possa considerarsi come rettilineo e quindi il loro parallelismo forzato non abbia gravi inconvenienti. Or la piccolezza delle ruote rende possibile un maggiore ravvicinamento dei loro assi, i quali sono infatti messi due per due così ravvicinati che le ruote corrispondenti quasi si toccano colle loro periferie. In tal modo le quattro ruote posteriori e le quattro anteriori d'ogni carro, come pure le ruote mobili e le muoventi d'ogni locomotiva, formano altrettanti sistemi i cui assi possono senza incontrare soverchia resistenza e senza pericolo di deviamento mantenersi paralleli in ciascun sistema, mentre essi prendono nei diversi sistemi la direzione del raggio di curvatura e quindi permettono nel tracciamento della linea l'uso di curve a raggio molto piccolo. Dalla piccolezza delle ruote resulta anche che il centro di gravità così della locomotiva come dei carri cade più in basso o più vicino alla strada: or questo è un secondo vantaggio tanto per rapporto all'effetto della forza centrifuga nei tratti curvi della strada, quanto in ragione delle ineguaglianze di livello della strada medesima; poichè poste eguali tutte le altre circostanze tanto più basso sarà il centro di gravità della locomotiva e dei carri, tanto sarà più difficile il loro rovesciamento tanto meno sensibili le oscillazioni e quindi

meno disturbata l'azione della locomotiva e meno danneggiata la strada.

Ma vediamo ora le conseguenze dell' impiccolimento delle ruote in ordine allo sfòrzo di cui può esser capace una locomotiva ed alla velocità che può concepire. Primieramente è da farsi un'osservazione che si estende a tutte le ruote e della locomotiva e dei carri voglio dire la considerazione dell'attrito. Rapporto a questo elemento il diminuire il diametro delle ruote è certamente dannoso poichè è bene stabilito dalla Fisica Tecnologica che nel movimento delle ruote sopra di un piano l'attrito cresce al diminuire del raggio; e se finora era incerta la legge con cui ciò avvenisse, sembra ora ben dimostrato da un recente lavoro pubblicato in questo stesso Giornale ed opera del Ch. Sig. Prof. Luigi Pacinotti e Sig. Dottore Enrico Galli, che l'attrito delle ruote muoventisi sopra un piano sta in ragione inversa della radice del raggio. Niun dubbio adunque che per rispetto all'attrito torni dannoso il rimpiccolimento delle ruote; e questo danno per le ruote dei carri e per quelle mobili delle locomotive non essendo compensati che dai vantaggi più innanzi discorsi, si vede chiaramente che tali ruote non dovranno impiccolirsi che quanto è strettamente richiesto dalla necessità di garantire prima di tutto la sicurezza dei convogli.

Ma la questione è ben altrimenti complessa per rapporto alle ruote muoventi delle locomotive poichè sono più importanti le conseguenze delle variazioni dei loro diametri. Per farsi un'idea chiara di tali conseguenze bisogna supporre che tutto il resto si mantenga invariabile. Bisogna dunque ritenere costante anche il raggio della manivella od eccentrico pel cui mezzo il movimento rettilineo alternativo dello stantuffo si converte in movimento rotatorio continuo della ruota, poichè quel raggio dovendo essere uguale alla metà della corsa dello stantuffo, esso non potrebbe mutarsi senza che questa pure variasse, il che indurrebbe un total cangiamento nelle proporzioni della Macchina. Inoltre

fa d' uopo supporre che l' attività dell' evaporazione sia convenientemente proporzionata alle dimensioni del corpo di tromba e che la Macchina si faccia costantemente agire con quella data velocità per cui il suo effetto è massimo. A questa velocità del moto dello stantuffo che chiamerò normale corrisponderà una determinata velocità angolare delle ruote muoventi e quindi, per una data grandezza di queste, una certa velocità del moto progressivo che ne è conseguenza.

Supponiamo adesso che il carico del convoglio sia tale che a muoverlo con questa velocità occorra un lavoro meccanico precisamente eguale a quello massimo della macchina a vapore; se allora noi aumenteremo il diametro delle ruote muoventi, siccome di pari passo aumenterebbe la velocità del moto progressivo e quindi la quantità di lavoro meccanico prodotto, nell' ipotesi che si mantenesse costante la velocità dello stantuffo, così è impossibile che ciò accada realmente ed il moto della macchina dovrà necessariamente rallentarsi; e se vorremo che colle ruote muoventi accresciute la macchina torni ad agire in quelle condizioni per cui è massimo il suo effetto dovremo diminuire il carico di tanto che a muoverlo colla velocità che adesso corrisponde a quella normale dello stantuffo occorra un lavoro eguale a quello massimo della macchina. Al contrario se noi rimpiccoliremo le ruote muoventi, saremo nella necessità di accrescere il carico se vorremo che la macchina continui ad agire nelle condizioni più favorevoli; imperciocchè il diminuir delle ruote muoventi fa che si allenti il movimento progressivo del convoglio e quindi che il lavoro meccanico occorrente a mantenere questo movimento risulti minore di quello massimo della macchina; in conseguenza deve necessariamente avvenire che mancando una proporzionata resistenza si acceleri il movimento dello stantuffo e quindi corrispondentemente quello del convoglio finchè, scemando dall' un lato il lavoro della macchina e crescendo dall'al-

tro quello che si produce nel movimento del convoglio, non avvenga che i due lavori si eguaglino e la velocità diventi uniforme. Ma non sarà in tal caso messa in azione tutta la potenza della macchina cui rimane l'attitudine di produrre un maggior lavoro quando si accresca convenientemenie il carico del convoglio.

Ecco adesso la conseguenza a cui ci conduce l'analisi che abbiam fatta dell'influenza della grandezza delle ruote muoventi sull'azione di una locomotiva. Noi dobbiamo supporre che un tal motore si voglia sempre fare agire nelle condizioni più favorevoli, in quelle nelle quali esso produce il massimo lavoro meccanico; or perchè ciò possa aver luogo resulta dal fin qui detto esser necessario che passi un determinato rapporto fra la grandezza del carico ed il diametro delle ruote moventi, e dalla natura di questo rapporto deriva che se avremo in mira di trasportare il maggior carico possibile e poco ci cureremo della velocità dovremo diminuire il diametro delle ruote muoventi; se invece lo scopo primario sarà quello di correre rapidamente trasportando minor carico dovremo allora crescere le dimensioni di quelle ruote medesime. Non può dunque dirsi in conseguenza dei ragionamenti precedenti che le grandi o le piccole ruote muoventi godano di un vantaggio assoluto; e solo resulta che tanto le une che le altre possono alla lor volta riuscir più utili relativamente allo scopo che ci si propone.

Ma vi sono altre considerazioni che possono dare il tratto alla bilancia e che mettono infatti in evidenza un vantaggio che in alcune circostanze presentano le piccole ruote muoventi in confronto delle più grandi. Nelle cose fin qui dette non abbiam fatta alcuna distinzione fra il caso in cui la strada fosse perfettamente orizzontale e l'altro in cui dessa avesse una certa inclinazione; e non v'era infatti ragione di fare tal distinzione poichè quelle considerazioni possono egualmente applicarsi ai due casi, i quali differiscono veramente soltanto

in questo, che sulle strade orizzontali tutto il lavoro meccanico prodotto si è quello occorrente a vincere gli attriti, mentre sulle strade inclinate oltre questo lavoro si ha anche quello occorso ad inalzare il carico totale fino all'altezza cui è stato condotto. Ma in ambo i casi il lavoro resulta proporzionale direttamente alla grandezza del carico ed alla velocità del movimento e questo era l'unico fondamento dei ragionamenti precedenti.

Però quando trattisi di una strada inclinata v'è un' altra osservazione importante da fare e questa si è che al crescere del diametro delle ruote muoventi cresce pure il momento col quale l'intiero peso del convoglio tende a discendere lungo la strada. Ora siccome il momento della potenza resta lo stesso perchè non può mutarsi il raggio dell'eccentrico senza cambiar tutte le proporzioni della macchina, così vedesi chiaramente che si ha uno svantaggio notevole nel crescere il diametro delle ruote muoventi poichè diminuisce di pari passo il carico che una data locomotiva può far risalire sopra una strada di una inclinazione determinata. Al contrario, col diminuire la grandezza delle ruote muoventi una medesima locomotiva acquista l'attitudine a far risalire su di una strada ferrata di data inclinazione un carico maggiore, o se vuolsi meglio uno stesso carico sopra una strada tanto più inclinata che il momento con cui quello tende a discendere torni eguale al primitivo; nel che consiste veramente la principal superiorità delle Locomotive americane.

A questa superiorità, derivante dalla osservazione precedente e dalle cose dette in principio di questa discussione, si è voluto da taluno opporre la minor velocità delle Locomotive americane a piccole ruote moventi dato che rimangano fisse tutte le altre proporzioni della macchina. Ma a questa obiezione si può rispondere che niente astringe a rispettare quella condizione e che appunto si potrà sempre (quando l'impiccolimento delle ruote non sia portato troppo oltre nel che avremmo un danno anche

per ragion dell'attrito) determinar per modo le proporzioni fra le diverse parti della macchina che il suo effetto massimo si abbia per una tale velocità dello stantuffo cui corrisponda una sufficiente velocità del moto progressivo del convoglio. E per una tal macchina che soddisfarà sulle strade orizzontali al bisogno del correre veloce rimarrà sempre vero che al confronto di altra che avesse ruote più grandi essa sarà maggiormente sicura nelle curve e più potente nelle salite.

Mediante queste considerazioni io so bene di non aver giustificato *a priori* la convenienza dell'impiccolimento delle ruote moventi delle locomotive fino al punto a cui sono state ridotte nelle macchine americane. Ma una tale giustificazione sembra però sia loro stata data dall'esperienza, e presto potremo averne una conferma sulla strada da Pisa a Lucca e meglio anche sull'altra da Lucca a Pistoja. Io ho voluto solo frattanto mettere in evidenza i vantaggi che a parità delle altre circostanze presentano le piccole ruote muoventi sulle grandi, e gli inconvenienti che accompagnano tali vantaggi e che fan sì che non si possano indefinitamente rimpiccolire quelle ruote, ma siavi anzi un limite ove bisogna arrestarne l'impiccolimento.

Sul principio di questi cenni, annoverando i perfezionamenti fatti alle locomotive nelle officine del Nuovo Mondo, ho detto che alcuni si referivano alla posizione dei corpi di tromba ed al modo di comunicare il movimento agli assi delle ruote moventi. Dirò adesso poche parole sopra tale proposito. Nelle locomotive americane i corpi di tromba sono situati all'esterno, lateralmente alla caldaja e precisamente al di sopra delle ruote mobili. Il loro asse geometrico, invece che orizzontalmente, è situato con tale inclinazione che va precisamente a ferire nel centro delle ruote muoventi; e le aste degli stantuffi, che per un certo tratto sono tenute in questa direzione mediante delle guide, hanno poi una nocellatura che

permette di fissarne con perni le altre estremità a due raggi paralleli delle ruote moventi opposte, alle quali viene così direttamente comunicato il movimento.

Questa disposizione ha veramente dei vantaggi sull' altra nella quale i corpi di tromba sono situati internamente al disotto della caldaja; ed infatti essa si vede già adottata anche nelle locomotive di costruzione inglese che nel resto conservano l' antica struttura. I vantaggi di quella disposizione sono principalmente due, cioe 1.° che tutta la comunicazione del movimento facendosi all' esterno può il macchinista più facilmente assicurarsi dell' integrità dei differenti pezzi ed una volta avvenuto un qualche danno questo può essere più facilmente rimediato; 2.° che gli assi delle ruote muoventi essendo nella nuova disposizione diritti, e non altrimenti piegati come erano prima per servire di eccentrico, il pericolo della loro rottura è moltissimo diminuito e quindi resa meno frequente una delle più terribili disgrazie che possano avvenire sulle strade ferrate.

Così, perfezionandosi sempre più questa mirabile invenzione, si andrà raggiungendo il doppio scopo di sfidare i maggiori ostacoli che natura frappose alla libera comunicazione dei popoli e di garantire sempre più la sicurezza dell' immensa moltitudine che gli accresciuti vincoli ed i moltiplicati interessi chiamano giornalmente ad approffittare di quel gran benefizio arrecato dalla Scienza alla Umanità. E poichè a me sembra che a questo duplice scopo i perfezionamenti americani delle locomotive abbiano assai contribuito, così spero non sia riuscito affatto privo d'interesse questo breve ragguaglio di un' opera straniera nella quale è molto distesamente sviluppato quell' argomento.

L. R.

CONDIZIONI DELL' ASSOCIAZIONE

Le associazioni e distribuzioni per Pisa si fanno alla Tipografia di Rocco Vannucchi.

Le associazioni per il resto della *Toscana* si ricevono in *Firenze* al *Gabinetto Scientifico Letterario* di *G. P. Vieusseux*.

Per il resto dell' Italia presso i corrispondenti del Sig. *Vieusseux*.

All'Estero;

Per la FRANCIA, presso *F. Klincksick*. 11. *Rue de Lille* a Parigi.

Per l' INGHILTERRA, presso *Molini*, *King William Street* a Londra.

Per la GERMANIA, presso *T. Fues* di Tubinga.

I prezzi di associazione da pagarsi anticipatamente, sono:

L. 16. — toscane franco di porto per tutta la *Toscana* sino ai confini; e per tutti quelli che fuor di Toscana si contentano di riceverlo per la via economica libraria, i porti e dazj a carico loro;

L. 21. — franco di porto per la Posta, per il *Regno di Sardegna* e lo *Stato Pontificio*, paesi pei quali si può francare.

N. B. Resta ben inteso che fuor che per il Regno di Sardegna, e lo Stato Pontificio, chi chiederà il Giornale per la Posta, si obbliga a pagare tutte le spese postali.

——

135

Anno IV. 1846. Novembre-Dicembre

IL CIMENTO

GIORNALE

di

FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

COMPILATO

DAI PROFESSORI

MATTEUCCI, MOSSOTTI, PACINOTTI, PILLA, PIRIA,

SAVI PAOLO e SAVI PIETRO

Provando ed osservando

Pubblicato il 24 Dicembre

Pisa 1847

Dalla Tipografia di Rocco Vannucchi

Piazza S. Frediano n° 964

SOMMARIO

PACINI. Memoria sulla meccanica dei muscoli intercostali, e Riflessioni critiche sugli esperimenti fisiologici nelle funzioni di meccanica animale . . . . . Pag. 473
SELMI. Cenno di alcuni studi sul latte . . . . » 537
RUSCHI. Sopra una impressione manifestatasi sulla tavoletta di un quadro. Lettera al Prof. Luigi Pacinotti . . . . . » 543
CAPEZZUOLI. Ricerche sperimentali chimico-fisiologiche sulle uova e sui pulcini . . . » 548
MATTEUCCI. Osservazioni alla Memoria del Prof. A. Cima . . . . . » 553
CIMA. Nuovi sperimenti sulla corrente propria della rana e sulla corrente muscolare. Scoperta della corrente propria in tutti gli animali . . . . . » 554

Sulla meccanica dei muscoli intercostali, e Riflessioni critiche sugli esperimenti fisiologici nelle funzioni di meccanica animale.

MEMORIA

del Dott. Filippo Pacini *di Pistoja.*

Experimentum fallax.
Hippocrates.

Se si considera ciò che viene insegnato o scritto nelle opere di Anatomia e Fisiologia circa alla meccanica dei muscoli intercostali, bisogna convenire che tuttora sussiste quella incertezza che lasciarono nella questione le interminabili ed animate discussioni di Haller e di Hamberger, avendo mostrato i loro successori, coll'abbandonare la questione, che quasi non fosse suscettibile di essere risoluta. Pure taluno si è di nuovo provato, come Beau e Maissiat in Francia (1), e fra noi il Dott. Antonio Marcacci (2); ma non ostanti le ricerche sperimentali di que-

(1) *Recherches sur le mecanisme des mouvements respiratoires*: negli *Archives générales de Médicine*. Paris 1842, tom. 15°, pag. 397. — 1843, tom. 1.°, pag. 265 — tom. 2.°, pag. 237. — tom. 3.°, pag. 249.

(2) *Sul meccanismo dei moti del petto, osservazioni ed esperienze in alcuni mammiferi, ec.* nelle *Miscellanee medico-chirurgico-farmaceutiche*. Pisa 1843. parte 1.a pag. 163. — Vedasi pure negli *Atti del Congresso Scientifico di Lucca* (1844) pag. 389, il sugo di questa Memoria, che l'Autore riprodusse al Congresso medesimo, in forma di *seconda edizione*, conforme alla prima.

sti Anatomici e Fisiologi la questione, sia detto con loro pace, è rimasta com' era per l' avanti, poichè essi come molti altri loro predecessori hanno trascurato di prenderla nell' aspetto in cui per sua natura doveva esser presa, fondando le loro teorie su delle prove affatto incompetenti.

Prima dunque di intraprendere una tal questione mi è d' uopo discutere la validità delle principali prove che si sono addotte per base delle differenti opinioni che sono state avanzate. Ognuno comprenderà quanto sia essenziale una tal discussione, onde io farò precedere alcune riflessioni in proposito, riservandone altre ad occasioni speciali.

PARTE PRIMA

Riflessioni critiche sugli esperimenti fisiologici nelle funzioni di meccanica animale.

La funzione dei muscoli intercostali, come di qualunque altro muscolo, *è una funzione meccanica:* basta questo per potere sostenere che il *modo di agire* di questi muscoli non può essere dimostrato, come si ha preteso finora, per mezzo di esperimenti; perchè gli esperimenti nelle funzioni meccaniche generalmente sono *inutili* ed *illusorii*, come vado a mostrarlo.

Gli esperimenti nelle funzioni meccaniche sono inutili, perchè la discussione di queste funzioni non può essere legittimamente fondata che sopra le condizioni materiali del meccanismo. Di fatto un Meccanico non ha bisogno di far mettere in moto una o più leve o ruote per conoscere il *modo* del meccanismo delle forze, poichè basta che egli esamini i rapporti di queste ruote o leve, e delle forze, per veder subito qual movimento per esse può essere prodotto: l' Anatomico o il Fisiologo non do-

vrebbero aver bisogno di far contrarre uno o più muscoli per sapere quali movimenti esercitano sulle ossa, poichè è assioma che *un muscolo contraendosi produce quel movimento, nel quale i due punti di attacco sono avvicinati nel senso della sua lunghezza*; ed essendo più muscoli ognuno dovrebbe sapere che essi *producono quel movimento che è nel senso della resultante delle loro forze*. Il movimento adunque che possono produrre uno o più muscoli è affatto inutile cercare di desumerlo dagli esperimenti, poichè resulta inappellabilmente evidente dalle condizioni meccaniche in cui questi muscoli sono disposti.

Gli esperimenti nelle funzioni meccaniche ordinariamente sono illusorii. Di fatto gli esperimenti che d'ordinario si eseguono per indagare queste funzioni consistono nel porre a scoperto dei muscoli, nel reciderne altri ec., per il che questi esperimenti cambiano le condizioni normali del meccanismo, ed in conseguenza lo alterano nel suo esercizio. Osservato il meccanismo in questo stato, o si può credere che sia nella sua normalità ed allora ci inganniamo; ovvero si considera come alterato. In questo ultimo caso per contemplarlo nella sua normalità bisogna fare astrazione dalle nuove condizioni introdotte dallo esperimento, e calcolarle separatamente da quelle normali: ma così l'esperimento è stato inutile, si è complicato maggiormente il meccanismo della funzione, e per sottrarsi ad un errore si è ricaduti nella necessità di spiegarla per l'analisi teorica delle condizioni meccaniche normali, alla quale si ha voluto sostituire l'esperimento. Chiunque per spiegare il modo di un meccanismo si appella allo esperimento è nel caso stesso di colui che non sa comprendere come i bracci di una leva che sta in equilibrio sono in ragione inversa dei pesi che sostengono; egli per andarne persuaso tenterà la prova sperimentale; ma quanto meglio la leva sarà sospesa sul suo pernio, tanto meno starà in equilibrio, poichè fisicamente

è impossibile che la proporzione inversa dei bracci e dei pesi sia matematicamente esatta; sicchè volendo egli stare al suo esperimento pretenderà che quella proposizione accennata non è vera; ovvero dirà almeno che è dubbia.

D'altra parte gli esperimenti non possono essere mai tanto analitici da eliminare il concorso di altri agenti fuori di quello che si vuole esaminare; sicchè un movimento che si attribuirebbe ad un sol muscolo, perchè in quel momento si crede che si contragga, può essere prodotto ancora da altri muscoli più o meno profondi. Nè l'abilità dello sperimentatore può supplire in questi casi, poichè la incertezza dei resultati sperimentali di questo genere proviene non dallo sperimentatore, ma dalla inlegittimità del mezzo delle sue ricerche. Quando si adduce una prova per dimostrare una verità fa d'uopo prima di tutto che questa prova sia dimostrata legittima: ora io asserisco e sostengo che la massima parte, anzi tutti gli esperimenti tentati per determinare il *modo* di un dato meccanismo mancavano di questo primissimo fondamento. Non ostante, poco si sono curati di ciò gli sperimentatori, chè anzi non lo hanno neppure messo in questione: invece hanno cercato un qualche resultato con qualche esperimento, qualunque esso fosse. E poichè le loro indagini non potevano essere razionali ma semplicemente empiriche, perciò il valore delle loro prove non si ha potuto desumere dalla loro natura, ma solamente dal loro numero; onde si ha prestato fede alle asserzioni di quello sperimentatore che presumibilmente aveva sacrificati più animali.

A gara adunque si sono citati *fatti*, *fatti*, *fatti*, *esperimenti*; e quando si dice *fatti*, *esperimenti*, sembra che si citi un ultimo giudizio inappellabile, indubitabile, quasi una *certezza necessaria*. Ma si disingannino i miei lettori; nulla è più facile che citare dei fatti; ma perchè questi fatti siano buoni a qualche cosa, prima di tutto bisogna che esistano, ed in secondo luogo bisogna che

siano interpretabili. Sembrerà forse curiosa la prima condizione, ma io la pongo per la seguente ragione.

Taluno per spiegare un fenomeno meccanico dice, esso è prodotto dal tal muscolo, ovvero il tal muscolo agisce in questo modo, perchè lo dimostra il *fatto* della sua contrazione. Sapete voi a che cosa si riduce questo gran fatto col quale si vuol chiudere la bocca a tutto il mondo? si riduce all'*indurimento*, al *gonfiore*, ed allo *stiragliamento*, o *stringimento* del muscolo in questione. Or qui esaminiamo il valore di questi segni. Per alcuni sperimentatori questi segni accennano la contrazione del muscolo nel quale si manifestano; per altri indicano la contrazione dei muscoli antagonisti, o dei muscoli sottoposti e coperti dal primo; che è quanto dire che per alcuni sperimentatori questi segni indicano bianco, per altri nero. Supponendo che i primi soltanto abbiano ragione, ed applicando essi l'esperimento ad un caso in specie, uno di essi sentirà il muscolo poco duro, poco gonfio, o poco tirato; un altro lo sentirà più duro, più gonfio, o più tirato; ad un terzo poi sembrerà molle, appianato, o rallentato: ma in un partito i due terzi vincendo un terzo, perciò si formulerà la proposizione che il tal fenomeno si spiega così, perchè è così dimostrato dal *fatto sperimentale*. Ecco un preteso fatto a cui tutti si prostrano; dopo di questo ne viene un altro, quindi un altro e via via, e chi ne conta più quello ha più ragione. Verranno poi coloro per i quali l'indurimento, il gonfiore, o lo stiragliamento del muscolo indicano tutto il contrario, anche essi citeranno i fatti sperimentali; finalmente vengono Beau e Maissiat, i quali dal fatto dell'avvicinamento delle coste deducono, *avec une simplicité remarquable*, il fatto della contrazione dei muscoli intercostali: ed ecco una guerra di fatti quando non si vuole che dei fatti.

« *Dimostrare un fatto*, diceva un mio sapiente criti-
« co, *equivale al provarlo vero*, e questo è verissimo;

« *ma il vero nella nostra scienza altro non è che il fatto* « *stesso* » (1); e questo è falsissimo, perchè prima di tutto il vero di un fatto è nella sua retta *interpretazione*, e non è già il fatto stesso; questo non è che una *apparenza*, un *fenomeno*. Mille fatti possono essere contradittorii in apparenza, e perfettamente concordi nella essenza, la quale non può essere scoperta che dalla interpretazione: ne volete un esempio? eccolo: nella inspirazione i muscoli intercostali si contraggono, e le coste si allontanano. Ecco due fatti provati e probanti che in apparenza si fanno una guerra terribile; l'uno accusa l'altro di falsità; dunque il vero non è il fatto stesso, perchè due verità quando hanno una qualche relazione fra loro non possono essere contradittorie. Secondo voi che volete stare incatenato al fatto, l'uno dei due deve soccombere, perchè l'uno dei due, secondo voi, è falso. Beau e Maissiat hanno fatto soccombere il primo, a voi piacerà di far soccombere il secondo; ebbene, dov' è questa pretesa verità evidente dei fatti? eccoli morti ambedue; ma nò, vivono ambedue per mostrarvi almeno che voi vi ingannate. Voi pretendete che il vero sia il fatto stesso; dunque per voi non potranno essere giammai veri quelle verità necessarie, quelle verità morali e geometriche che entrano pur troppo nella sfera ancora della nostra scienza, e che non potranno giammai tradursi in fatti materiali come voi vorreste: vedete quanto vi ingannate! non sono queste verità che debbono essere tradotte in fatti per constatare

(1) Vedasi la critica fatta dal Prof. C. B. alla mia Memoria intitolata = *Dell' inerzia del diaframma nello sforzo, nella defecazione, e nel parto, della sua azione nel vomito, e nuova teoria di questa funzione.* Pistoja 1840 = nel *Bullettino delle Scienze mediche.* Bologna 1840. Serie 2.a, vol. 9.0. pag. 283. Poichè il mio sapiente critico si è astenuto di parlare nel suo articolo dell'oggetto in questione, e poichè si è esaurito interamente il mio opuscolo citato, perciò chi ne volesse prendere cognizione può consultare un estratto del medesimo, pubblicato dal mio meritissimo amico, il Dott. Leopoldo Fedi di Pistoja, negli *Annali Universali di medicina.* Milano 1840, vol. 96. pag. 403.

se sono vere, ma sono i fatti che interpretandoli debbono essere tradotti o almeno avvicinati a queste verità per provarli veri, poichè queste verità erano anteriori ai fatti: la interpretazione adunque vi mostrerà a quali di queste verità corrispondono tali fatti; essa vi mostrerà di quali verità questi fatti sono la immagine pallida e scolorita; e poichè non sono che immagine pallida e scolorita, tanto più vi ha bisogno di un mezzo che ve la renda sensibile: voi reputate questo mezzo ingannevole, perchè questo mezzo non è che una interpretazione; ebbene, vi dirò che il coltello del chirurgo se uccide, ancora risana: bisogna dunque saperlo adoprare.

Ma poniamo che tutti questi fatti a gran fatica acquistati stiano in pace fra loro; cosa si crede egli di possedere? nulla, il più delle volte nulla, lo ripeto, e quel che è peggio ancora, si possiede solo una sorgente perenne di inganni. L'arrestarsi al fatto, il pretendere che si debba star lì inchiodati al fatto è lo stesso che non possederlo, poichè non si possiede che la sua apparenza, o il peso ingannevole della sua materialità: è lo stesso che possedere una moneta della quale ignoriate il valore; se voi cercate di spenderla è più che probabile che restiate burlato. Il valore di un fatto non è già nella sua apparenza o nella sua materialità, è bensì nella sua retta interpretazione. Ma qui gli esperimentatori per eccellenza ci lasciano andare; sono troppo prudenti, fedeli ai loro principii, non vogliono arrischiarsi per una cosa da nulla, non vogliono interpretare; essi recusano di oltrepassare, anzi si fanno un merito di non oltrepassare i limiti materiali del fatto, perchè al di là, dicono essi, è terra sconosciuta, e qualche volta avranno ragione, ma converranno meco che restando lì non andranno più là: cosa importa? rispondono, noi accumuliamo dei fatti, un gran numero di fatti, un numero immenso di fatti; ecco la nostra professione; poi vedremo, tempo verrà..... ma io vi assicuro che voi non vedrete mai se non che ciò

che ora si vede di lì, cioè delle scorze di fatti, le quali potrebbero essere ancor vuote o ripiene di qualunque altra materia, che formerebbero il medesimo inerte ed informe volume. Ma noi, rispondono, almeno non ci inganneremo: io vi assicuro che voi vi ingannate ancora in questo medesimo istante: un fatto non interpretato è una lucerna spenta; a che cosa vi può servire se non che ad illudervi? voi non avete coraggio di accenderla perchè avete timore di un disinganno; ecco perchè amate meglio che si resti nell'oscuro: interpretate quei fatti, e poi vedrete che cosa valgono.

Fatti, fatti, esperimenti: da tutti si vanno ripetendo queste parole, tutti le portano scritte sulla loro divisa, e sono ancora sulla mia, sì, perchè io non sono già contrario nè ai fatti, nè agli esperimenti di qualunque sorta; io mi vanto di essere troppo rigoroso nel mio raziocinio per non illudermi sulla mancanza di una base, quando manchi realmente; ma ripeto che nella maggior parte delle questioni di meccanica animale, ed in quella presente in particolare, gli esperimenti sono affatto inutili ed illusorii.

L'unica circostanza nella quale si potrebbero ragionevolmente invocare gli esperimenti è quella nella quale si tratterebbe di conoscere l'*ordine* in cui si contraggono più muscoli, cioè se due o più muscoli si contraggono l'uno dopo l'altro, ovvero contemporaneamente. Come ognun vede non si tratterebbe qui di conoscere il *modo* di agire di questi muscoli; esso non potrà mai spiegarsi se non che per le leggi geometrico-meccaniche: ma si tratterebbe di sapere il *quando* essi agiscono, da questo dato dipendendo la spiegazione di un fenomeno prodotto da più forze, il modo delle quali anche in complesso non può essere valutato se non che dalla Geometria e dalla Meccanica. Ma anche per ottenere questo dato è facile comprendere che sarà sempre di maggior confidenza la *osservazione* del fenomeno nella sua *manifestazione spon-*

tanea, di quello che la sua *provocazione* per mezzo di esperimenti, poichè a tutti è noto che la *lesione sperimentale*, nel massimo numero dei casi pone in un completo disordine quell' ordine che si vorrebbe riconoscere. Cosa potrebbe dirsi di qualche sperimentatore che per fare qualche cosa di nuovo nella questione dei muscoli intercostali, ha *galvanizzato* questi muscoli? per il decoro della nostra Scienza è meglio non parlarne; avvertendo per altro che questo non era il caso di indagare le leggi della *contrattilità muscolare*, le quali pur troppo non possono essere studiate che in un modo sperimentale, provocando in ogni maniera e galvanizzando ancora i muscoli ed i loro nervi.

Parlando finora di esperimenti, io debbo avvertire che intesi parlare di quelle operazioni che si eseguono d'ordinario sugli animali viventi nelle indagini principalmente delle *funzioni meccaniche* della nostra macchina. Se io dovrò protestare in molti casi, come al presente, contro queste orribili rivoltanti ed inutili carnificine, delle quali al giorno d'oggi sì crudelmente e sì furiosamente si abusa, io ne distinguo bene altri casi ed altre circostanze, altra sorta di esperimenti ed altri mezzi di ricerca, come le indagini chimiche, fisiche, e microscopiche, anche in animali viventi, sulle condizioni materiali dell' organismo nello studio delle *funzioni organiche*, e delle *funzioni dinamiche* o *vitali*. Io sò bene che la *Fisiologia sperimentale* non consiste soltanto in carnificine di animali viventi, operate d' ordinario più per far diversione da certe difficoltà razionali, o per ostentare qualche nuovità, che per il sentimento di un motivo veramente ragionevole; ma poichè da alcuni questa bella Scienza è concepita in questo modo esclusivo, perciò io non cesserò mai dal protestare in quelle frequentissime occasioni, in cui tali carnificine sono inutili affatto come nelle questioni di meccanica animale, nelle quali, il che è peggio ancora, sono per soprappiù illusorie.

Una speciosa obiezione mi sono sentita opporre più volte a quanto dissi di sopra; e questa obiezione mi fu già opposta pubblicamente dallo stesso critico, il Prof. C. B., il quale rendendo conto della mia Memoria citata, vertente sopra un argomento dello stesso genere di questo, ebbe in mira di fare intervenire la natura della forza movente nel contemplare il *modo* di un meccanismo: le seguenti sono sue parole. « Le forze vitali efficienti e « concomitanti chi mi sà dire le mille ed una modifica- « zioni che arrecano per entro al fenomeno meccanico « nell'atto stesso che egli si eseguisce, *per pretendere di « poterlo determinare con esattezza matematica?* In causa « delle forze vitali stesse che producono i fenomeni mec- « canici di nostra macchina, questi trovansi sempre misti « a fenomeni puramente vitali che sottraggonsi alle leg- « gi della meccanica generale. *Le forze vitali fanno ser- « vire a se le leggi della meccanica, modificandole in gui- « se indeterminabili* ec. ec. ec. (1) ». Ecco una barriera di paglia dalla quale si sono lasciati arrestare i più insigni Fisiologi, e che è rimasta il baluardo delle più insigni mediocrità.

Due errori fragranti espressi in queste parole, e che ad ogni momento sentonsi ripetere, hanno finora impedito di trattare le questioni di meccanica animale nel modo che esige la loro natura. Il più grave di questi errori consiste nel credere che le leggi della meccanica possano essere modificate dalle forze vitali: il secondo, nel supporre che prendendo a discutere le questioni di meccanica animale sotto il punto di vista geometrico, ciò esiga la esattezza matematica. Cominciamo dal primo.

Le forze vitali possono dunque modificare le leggi della meccanica? Ma si sa egli veramente che cosa si vuole intendere di dire con ciò? Bisogna convenire che nella classe dei Medici vi sono alcuni che essendo trop-

(1) *Bullettino delle Scienze mediche cit.*

po abituati a stabilire ogni giorno delle nuove leggi, che d' ordinario vengono abrogate il giorno dopo, perciò questi tali sono nella opinione che siano come queste le leggi della Meccanica: si persuadano una volta che le leggi della Meccanica sono leggi matematiche, perciò eternamente immutabili. Chiunque pretende che queste leggi possano essere modificate nel regno organico dà prova manifesta che cerca di ricoprire la propria incompetenza con una parola vuota di senso, col solito *puff*, che non pochi tengonsi in bocca sempre preparato per ogni occasione un poco difficile; ma, si soffra che io lo dica, con questo *puff* essi ingannano gli altri e se stessi: vediamo come e quanto.

Cosa è la legge di un fenomeno? La *legge* di un fenomeno è la *regola*, o la *ragione*, per la quale trovasi legata la causa o la *forza* all' *effetto*. — Nei *fenomeni organici* e *vitali* questa ragione è sconosciuta, e forse lo sarà per sempre; perciò questa classe di fenomeni non può studiarsi che in un modo empirico o *sperimentale*, tanto più che ne è riconosciuta ancora la causa o la *forza*: noi non intendiamo occuparci di questi. — Nei *fenomeni meccanici*, anche degli animali, questa regola o questa ragione o legge è perfettamente conosciuta, od è in nostro potere di conoscerla, poichè essa è rappresentata nell' insieme delle *condizioni meccaniche*, o nel prodotto geometrico di queste condizioni. Chiamiamo condizioni meccaniche la forma e la disposizione delle *leve*, il punto di applicazione e la direzione delle *forze*, il *piano* dei movimenti possibili ec., condizioni che a riguardo della meccanica animale, sono poste nella più chiara evidenza dalla Anatomia, quando siano investigate con critica illuminata.

Conosciute queste condizioni meccaniche basta avere, oltre il buon senso, un poco di criterio meccanico per veder subito qual deve essere l' effetto che per esse è prodotto; poichè, per la legge in cui sono costituite que-

ste condizioni, esse *traducono*, dirò così, la causa o *la forza-in effetto*, e la traducono in un *modo* ed in una *proporzione* matematicamente invariabile. Io chiamo *modo dell' effetto* la sua *forma*, o la sua *direzione nello spazio*; e chiamo *proporzione dell' effetto* la sua *quantità relativa* alla causa od alla forza: questa proporzione, dirò una volta per sempre, trovasi alquanto diminuita dagli *attriti*, od alquanto aumentata o diminuita per la *variabile direzione* delle forze in certi movimenti curvilinei; ma ciò non cambia in alcun caso la legge dalla quale la proporzione è regolata, ed il modo è determinato. Or qui è il punto essenziale: e sostengo che questa legge è fuori interamente del dominio della forza movente. Qualunque sia questa forza, cioè una *forza di origine vitale*, la forza di *gravità*, la forza *elettrica* o *magnetica*, la forza *espansiva* della polvere o del vapore, qualunque essa sia questa forza, per quanto variabile possa essere infinitamente, essa non può influire in alcuna maniera a modificare la legge del *modo* dell' effetto, e della sua *proporzione*, poichè questa legge è la espressione generale del prodotto geometrico delle condizioni meccaniche, che trovansi come tali determinate e costituite per un dato fenomeno meccanico, nè in questo prodotto entra in alcun modo la forza movente. Ciò non ha bisogno di alcun commento per chi ha qualche principio di meccanica; ma per chi non è in questo caso, io ne darò un esempio, tratto dalla meccanica animale. Per tale scopo prendiamo il *muscolo brachiale anteriore*: il suo attacco all' omero si consideri come fisso, e mobile il suo attacco al cubito. Il piano del movimento possibile è determinato dalla forma ginglimoidale della articolazione omero-cubitale, il centro del movimento è posto in questa articolazione, ed i bracci di leva sono rappresentati nel cubito.

È legge che, 1.° quanto al *modo*, una *forza*, o la *resultante* di più forze, produce quel movimento che corrisponde al piano della sua direzione, e del possibile mo-

vimento o cedevolezza della leva: 2.° quanto alla *proporzione* della *forza* all' *effetto*, questi sono in ragione inversa dei bracci di leva corrispondenti. Da ciò resulta, 1.° che il muscolo branchiale anteriore move il cubito nel piano della sua direzione e del possibile movimento che permette l' articolazione dell' osso, e per la sua posizione lo move nel senso della flessione: 2.° che supponendo il braccio di leva di questo muscolo trenta volte più corto di quello della resistenza (il quale ultimo può variare a seconda del punto ove essa è applicata), questo muscolo bisogna che abbia una forza di contrazione eguale a trenta volte la resistensa per fare equilibrio con questa; se sia un poco minore è vinto dalla resistenza, se un poco maggiore questa sarà vinta. Ciò è vero in tutti i casi e in qualunque maniera si effettui la contrazione del muscolo, poichè ciò dipende dalle condizioni meccaniche in cui il muscolo è disposto, e non già dalla forza di contrazione, o dalle forze vitali. Che questo muscolo si contragga volontariamente o involontariamente, regolarmente o convulsivamente, che sia in uno stato tetanico, o quasi paralitico, produrrà certamente un effetto estremamente variabile, impossibile a valutarsi in altra maniera se non che empiricamente; ma il *modo* e la *proporzione* dell' effetto, che rivelano la legge da cui sono regolati, saranno sempre gli stessi; poichè sarà sempre vero che questo muscolo in tutti quei casi sì differenti moverà la sua leva nel medesimo piano e nel senso della flessione, equilibrerà una resistenza trenta volte minore, il suo attacco mobile avrà una velocità trenta volte minore di quella del punto ove è applicata la resistenza ec. ec.: in conclusione, qualunque sia la contrazione del muscolo agirà sempre nel medesimo *modo*, e con la medesima *proporzione* di effetto.

Potrà certamente variare la *quantità*, il *tempo*, e l' *ordine* della forza di contrazione di un muscolo, e conseguentemente dell' effetto meccanico, e potrà certamente

variare all' infinito; potrà egualmente variare l' ordine relativo della contrazione di due o più muscoli, di modo che contraendosi questi successivamente si producano due movimenti differenti, e contraendosi insieme si produca un terzo movimento diverso dagli altri due; ma chi non vede la differenza che passa fra ciò che è immediatamente determinato dalle leggi di un fenomeno, e gli *accidenti* moltiplici ed infiniti sotto i quali lo stesso fenomeno si può manifestare? Come mai darsi a credere che questi accidenti, quantunque sommamente variabili, rivelino una mutabilità delle leggi della meccanica? Ripetiamolo un' altra volta; ciò che è determinato dalla legge è inalterabile come essa: la proporzione dell'effetto meccanico, il modo o la direzione in cui un muscolo, o più muscoli moveranno un osso saranno sempre gli stessi; potrebbe mai supporsi che un muscolo *flessore* possa diventare *estensore*, *adduttore*, od *abduttore* in un accesso epilettico? che in un accesso epilettico un muscolo possa produrre un effetto sproporzionato al suo braccio di leva? che due muscoli in convulsione producano un movimento diverso dalla loro resultante?

Se la somma variabilità nella *quantità*, nel *tempo*, e nell' *ordine* di un fenomeno meccanico, se questi accidenti stassero ad indicare che le leggi della meccanica possono essere modificabili, allora bisognerebbe pur dire che queste leggi non hanno esistito giammai neppure fuori del Regno organico, poichè non è legge ciò che non è immutabile in ogni caso e per sempre. Perfino nella Meccanica Celeste si osservano quelle infinite variabilità, dette *perturbazioni*, che hanno fatto, fanno, e faranno la disperazione degli Astronomi, come la maggior parte delle *malattie* fanno la disperazione di noi Medici: eppure nessuno fra gli Astronomi si è giammai avvisato che questi variabilissimi accidenti stiano ad indicare la mutabilità delle leggi meccaniche dell' Universo: che anzi il principale fondamento, l' *assioma*, dal quale si dipartono gli

sforzi degli Astronomi, per scoprire la regola di queste perturbazioni, è la idea della assoluta inalterabilità delle leggi della meccanica; e quando si dice *assoluta*, si vuole intendere di dire *senza eccezione* in ogni tempo, in ogni luogo, in ogni circostanza. A vero dire la dottrina medica che professa *le leggi della meccanica venire modificate dalle forze vitali*, è una dottrina molto comoda, e non può negarsi che sia ancora molto prudente; ma io lascio decidere quanto sia giusta.

Veniamo intanto al secondo errore sanzionato dal nestro critico, il Prof. C. B. Questo errore consiste nel supporre che prendendo a discutere le questioni di meccanica animale sotto il punto di vista geometrico, siavi bisogno di una esattezza matematica. Qui pure bisogna dire che vi è stato più spirito di controversia che criterio per obiettare, non avendosi saputo che cosa si ha inteso obiettare. E di fatti, è verissimo che per un meccanico vi ha bisogno nella costruzione di una macchina di una esattezza calcolata e più che si può matematica, perchè lo scopo di un meccanico è quello di vincere una data quantità di resistenza, in un dato tempo, ed in un ordine dato: onde dopo che egli ha scelto una delle tante forze che possono essere a sua disposizione, appropria ad essa un meccanismo le cui condizioni debbono essere calcolate matematicamente in relazione al modo ed all' effetto voluto. Ma è egli lo stesso caso pel Fisiologo? lo scopo del Fisiologo è principalmente quello di ricercare il *modo*, mentre può facilmente conoscere ancora la *proporzione*: circa poi alla *quantità*, il *tempo*, e l'*ordino* dell' effetto maccanico è tutt' altra ricerca, è una ricerca *a posteriori* od *empirica* tanto pel Meccanico matematico, che pel Fisiologo, il quale ultimo non ne fa caso che in certe occasioni speciali; poichè il primo scopo del Fisiologo non è quello di applicare questo meccanismo per ottenere un dato effetto, ma è quello invece di determinare il *modo* per il quale è ottenuto l' effetto. Ora

per valutare questo modo, questa essenzialità del fenomeno, non vi ha bisogno per nulla nè dei calcoli nè della esattezza matematica che si va tanto decantando. Chi pretende che vi sia bisogno di questa esattezza non fa altro che porre avanti una difficoltà di più, per avere più ragione di scansarne un'altra, che forse gli è insormontabile. Vi ha egli bisogno di calcoli e di esattezza matematica per sapere se il diaframma contraendosi determina la sortita o l'entrata dell'aria nel petto? se un altro muscolo sia *estensore* o *flessore*? ec.: a tutti è noto che basta per ciò il determinare se il diaframma contraendosi aumenta o diminuisce la estensione della cavità del torace; se un altro muscolo è posto dal lato della estensione o della flessione, o se in uno di questi movimenti i suoi punti d'attacco si avvicinano o si allontanano. Basta a questo effetto contemplare tali muscoli nelle condizioni geometrico-meccaniche nelle quali sono disposti; ma dove sono i calcoli matematici dei quali si ha tanta paura? Io convengo che allorquando si volesse sapere la quantità dell'aria che viene introdotta in un dato tempo nella cavità del petto, la velocità della sua introduzione, la forza di contrazione che esercita un dato muscolo in certe circostanze, la velocità con cui si raccorcia, la variabilità di questa velocità in certi istanti, ed in certi punti dello spazio, la resistenza delle leve, il *quantum* degli attriti e dell'effetto meccanico ec. ec., ciò abbisognerebbe di misure esattissime, di esperimenti e di calcoli più o meno profondi: ma questi calcoli, queste misure, questi esperimenti invece di servire a stabilire il *modo*, debbono invece averlo per base, per punto di partenza, per dato, onde è quello che devesi prima di tutto ricercare.

Con la stessa facilità con cui si può determinare se un muscolo è *flessore* od *estensore*, *adduttore* od *abduttore*, con egualissima facilità, dico, si può determinare se i muscoli intercostali, dei quali dobbiamo occuparci, ele-

vano od abbassano le coste. A questo fine basta sapere che i muscoli intercostali sono disposti in tanti paralellogrammi obliqui, costituiti ciascuno da due coste per i lati più lunghi, e dalla colonna vertebrale e dallo sterno per i lati più corti; basta tener conto di certe altre condizioni meccaniche, relative ai movimenti possibili, e basta particolarmente fissare questo punto essenziale, cioè se l'attacco superiore, per esempio del muscolo intercostale esterno, è posto ad eguale o maggiore o minore distanza dalla colonna vertebrale, di quello che sia l'attacco inferiore. Non vi è bisogno di sapere quanti pollici, linee, e millesimi di linea è più prossimo o più distante l'attacco superiore che l'inferiore dalla colonna vertebrale: sarebbe quasi impossibile raggiungere questa esattezza che si crede tanto necessaria, e che è altrettanto inutile, poichè basta sapere soltanto *se è più prossimo o più distante*, non altro; ciò spetta alla Anatomia, il resto spetta alla Geometria ed alla Meccanica. Una volta che l'Anatomia ha somministrato questo dato, una volta che ha determinata questa condizione meccanica e le altre che possono essere necessarie; per le leggi geometriche e meccaniche, a chi le sa comprendere, si dimostra con una evidenza inrecusabile, che 1.° se questa distanza fosse eguale pei due attacchi, questi muscoli non produrrebbero alcun movimento, od al più avvicinerebbero soltanto le leve o le coste, se la loro cedevolezza lo permettesse: 2.° se la distanza dell'attacco superiore fosse minore di quella dell'attacco inferiore, com'è per il muscolo intercostale esterno, allora questo muscolo eleva le coste: 3.° se questa condizione meccanica fosse all'inversa, come è per il muscolo intercostale interno, allora questo muscolo le abbassa. Si osservi intanto a quali semplicissimi termini si riduce una questione, per la quale tanti e tanti hanno tanto ed altrettanto sudato; questione che d'altronde avrebbe potuto essere risoluta fino dai tempi di Galeno, essendosene anche egli discretamente occupato.

Ma qui nuovamente mi sento gridare, voi supponete una esattezza geometrica nella forma del preteso paralellogrammo che costituiscono le coste, mentre Beau e Maissiat con la solita loro franchezza vi possono sostenere, che « *il est facile de démontrer que ce théorème, parfaitement* « *vrai en lui-même, n' est pas applicable aux mouvements* « *des cotes. Pour cela les raisons se presentent en masse.* « 1.° *Ces cotes ne sont pas paralelles, puisque nous avons* « *démontré qu'elles divergent en allant de la colonne ver-* « *tebrale au sternum.* 2.° etc. etc. » (1). Lasciamo, di grazia, la massa delle altre ragioni per non perdere una massa troppo grande di tempo. È verissimo che in questo teorema si suppone che le coste siano paralelle, che siano rettilinee, o che abbiano una sola curvatura, quantunque nulla sia esattamente vero di tutto ciò: ma tutto questo non si suppone esattamente vero, se non che per semplicizzare la dimostrazione geometrica (e qui sento scandalizzarsi fortemente gli sperimentatori per eccellenza, ma attendano un poco). Avrebbe dovuto aspettare troppo tempo la Scienza, se non si avesse saputo, anche prima della dimostrazione anatomica di Beau e Maissiat, che le coste non sono matematicamente paralelle ec. ec. Ma che importa che ciò non sia? che importa che invece di un paralellogrammo, le coste spurie, per esempio, facciano piuttosto dei triangoli curvilinei? Chi conosce un poco di geometria e di meccanica elementare può facilmente vedere quanto siano lati i limiti, entro i quali è applicabile il detto teorema. La esattezza matematica è assai mal concepita quando si crede che essa non cerchi altro che un'altra esattezza assoluta: essa cerca ancora i *limiti* di tutte le inesattezze possibili; e questi limiti, a riguardo della questione che ci occupa, essa gli dimostra così lati, che uno che conosce un poco di geometria, e che ha un poco di buon senso, vede subito a colpo d'occhio, senza

(1) *Archives* cit. 1842, tom. XV, pag. 419.

che siavi bisogno di minutissime misure, di sottigliezze anatomiche e di moltiplici dimostrazioni per ciascuno degli infiniti casi particolari, che le condizioni meccaniche generali, sì dei muscoli intercostali che delle leve a cui sono applicati, sono più che comprese nelle latissime condizioni geometriche che esige il teorema. Ciò è tanto vero per uno che può essere competente in questa materia, che quei Fisiologi, i quali, come Hamberger, si sono valuti di questo teorema, non hanno pensato neppur per sogno che potesse venire in testa a qualcuno di mettere in dubbio una tal cosa.

Nulla importa adunque che le coste non siano perfettamente paralelle, che non siano rettilinee, o che abbiano una ma anche due curvature, giacchè realmente le coste formano delle curve che in geometria diconsi *a tre coordinate*. È appunto per questa forma, per la elasticità che possiedono e per la disposizione delle loro articolazioni, che il meccanismo delle coste è infinitamente ammirabile nella sua semplicità e nei moltiplici movimenti a cui danno luogo; talmente che è quasi impossibile imitarlo in tutte le sue parti artificialmente. Non è dubbio che gli ammirabili e moltiplici movimenti delle coste non possano paragonarsi, come dicono Beau e Maissiat, a quelli della ingegnosa macchinetta di Bernouilli, la quale non può presentare che un solo moto di sollevamento. Al contrario le coste, quantunque dotate di due sole qualità di muscoli, *elevatori*, e *depressori*, pure per le loro condizioni meccaniche, i moti *verticali* di questi muscoli sono *trasformati* in due direzioni affatto differenti, cioè *orizzontali*, poichè per le condizioni delle coste i muscoli intercostali, come vedremo, dilatano il torace *trasversalmente* e *di dietro in avanti*. Ma se gli artifizi non possono riprodurre un sì ammirabile meccanismo in tutte le sue circostanze, non è perciò che non possano riprodurlo in qualche parte. D'altronde sia pure imperfetto questo artifizio di Bernoulli, come oppongono Beau e Maissiat:

io torno al mio principio, *la ragione di un meccanismo deve essere geometrica e non già sperimentale*; perciò io lascio quella macchinetta a chi la vuole, io lascio ancor quella più ingegnosa che feci costruire nell' anno passato per esporla nelle mie lezioni pubbliche di Anatomia alla Università di Pisa. In questa macchinetta si vede il contemporaneo ed opposto gioco di muscoli intercostali esterni ed interni; si vede l' atto di sollevamento o di abbassamento parziali delle coste, e l' atto conseguente di dilatazione antero-posteriore del torace: ma sarebbe un appoggiarsi ad una macchina troppo debole, quando non si avessero più forti ragioni per sostenere la tesi che mi sono proposta. Io la feci costruire per parlare agli occhi di quelli dei miei alunni che non avrebbero potuto comprenderne la ragione geometrica; perciò è superfluo che io ne dica più oltre in questa memoria.

Per indagare un fenomeno meccanico composto, come è quello di che ci dobbiamo occupare, dopo averne determinate le condizioni meccaniche, bisogna determinare 1.° il modo di agire di ciascuna forza presa isolatamente dalle altre; 2.° i modi di effetto delle combinazioni possibili di queste forze; 3.° ricercare l' ordine normale di queste forze, ovvero, se esse si esercitino l' una dopo l' altra o si combinino. I due primi punti non possono essere determinati se non che per le leggi della geometria e della meccanica, mentre per tale scopo noi vedemmo che gli esperimenti sarebbero affatto inutili ed illusorii. Quanto al terzo punto, esso è di tutt' altra natura; poichè si ricerca non il modo di agire di una forza o di una combinazione di più forze, ma invece si ricerca se in un dato fenomeno si verifica, o quale si verifica delle combinazioni possibili di queste forze. Non è difficile il concepire che due differenti muscoli, applicati ad un medesimo meccanismo, se si contraggono separatamente producono due movimenti loro proprii; se contraggonsi insieme, producono un movimento composto, o *resultante*, e diverso

dagli altri due, il quale si rappresenta nella diagonale del loro paralellogrammo come forze: ciò che ho detto di due potrei dirlo di molti muscoli, e delle loro moltiplici combinazioni. È dunque importantissimo il determinare quale di queste combinazioni si verifica in un dato meccanismo. Questa ricerca può farsi con due metodi differenti; l'uno diretto o *sperimentale*, l'altro indiretto, che, per opposizione, chiamerò *teorico*, quantunque prenda per base la *osservazione* del fenomeno nella sua manifestazione spontanea o nella sua integrità. Tale ricerca è delle più difficili, perciò esige tutta la acutezza della sagacità dello Scienziato. Per fare meglio comprendere ciò che ho detto di sopra, ciò che andrò spiegando, e per fare rilevare e distinguere ciò che in un fenomeno meccanico appartiene al dominio della geometria e della meccanica, da ciò che apparterrebbe al dominio degli esperimenti se fossero accettabili, ma che invece appartiene al dominio della sola osservazione, io mi varrò di un esempio, il più chiaro possibile.

Si abbia una macchina, il cui effetto finale sia prodotto dall'azione di più forze. Questa macchina sia ben *visibile in tutte le sue parti, ma in stato di riposo:* ovvero, si supponga in azione, ma in questo caso sia coperta in modo da non poterne vedere che l'*effetto finale*. Questi siano i dati; si propone il seguente problema = spiegare il meccanismo di questa macchina =. Evidentemente i due casi, nei quali ho supposta questa macchina, rappresentano un dato meccanismo del corpo umano nello stato di cadavere, e nello stato vivente.

Per risolvere questo problema, come abbiamo già veduto, bisogna incominciare dall'esaminare in tutte le sue particolarità questa macchina, cioè determinare tutte le sue condizioni meccaniche, vale a dire le leve, le ruote se ve ne sono, le diverse forze, i loro punti di applicazione, la loro direzione, ec. ec.; cose tutte che per maggior brevità sono tralasciate o vagamente apprezzate dagli

esperimentatori di professione. Esaminando attentamente queste diverse condizioni, con la massima facilità si può riconoscere, per le leggi geometriche e meccaniche, quale è il modo di agire di ciascuna forza, quantunque la macchina non sia in azione; si può egualmente riconoscere quale è il modo di agire di ciascuna possibile combinazione delle diverse forze, e si può riconoscere ancora, per le stesse leggi, quali possono essere i *diversi* effetti finali di una o di altra combinazione di forze. Ma poichè la macchina in azione non è visibile, perciò non è possibile vedere direttamente qual sia quella fra le moltiplici combinazioni possibili di forze, che realmente si verifica. Qui vi sono due metodi, come diceva, per sortire da questa difficoltà; l' uno *sperimentale*, l' altro è quello che ho chiamato *teorico*.

1.º Il *metodo sperimentale* è il più facile, ed il più spedito per ottenere un qualche resultato, perciò è quello che è stato finora generalmente tenuto, senza pensare che è ancora il più ingannevole, almeno a riguardo della meccanica animale. Questo metodo consiste nello scoprire *sans façon* la macchina in azione, e ciò sembra il più naturale ed il più sicuro, perchè ci si lusinga di poter vedere direttamente ciò che si cerca. Se la macchina fosse coperta da un velo che non avesse alcuna attinenza ai pezzi del meccanismo, si concepisce facilmente come questo esperimento sarebbe decisivo ed inappellabile: ma poniamo che questo velo nell' esser tolto ponga in disordine l' andamento regolare della macchina; cosa si presumerebbe allora di vedere? Tale è il caso degli esperimenti, o delle strazianti ed orribili carnificine fisiologiche, in fatto per lo meno di funzioni meccaniche. In questi esperimenti la lesione sperimentale pone in tal disordine i muscoli, che è impossibile costatare la combinazione naturale o la indipendenza, il sincronismo o l' asincronismo normale delle loro contrazioni. *In questo disordine*, chi ci saprà dire *quale è l' ordine normale?* Per vedere dei muscoli profon-

di si recidono e si tolgono quelli superficiali: chi ci sa dire che questi ultimi erano inutili e non contribuivano normalmente al fenomeno complesso che si voleva esplorare? Per poter dire che non vi contribuivano, almeno in un dato istante, bisognerebbe conoscerne il meccanismo; ma questo al contrario è sconosciuto, perchè è lo scopo della ricerca. Evidentemente il rimprovero, che il mio sapiente critico sopra citato, Prof. C. B. dirigeva contro i metodi teorici nello studio di queste funzioni, si rivolge contro i metodi sperimentali e gli sperimenti, i quali « chi « mi sa dire le mille ed una modificazioni che arrecano « per entro al fenomeno meccanico nell' atto stesso che si « eseguisce, per pretendere di poterlo determinare con « evidenza immediata?

2.° Il *metodo teorico*, o quello che io chiamo così, nel problema proposto ha due punti di partenza. Il primo punto è la conoscenza acquistata delle diverse condizioni della macchina, delle sue forze, e dei loro modi, delle diverse combinazioni possibili di queste forze, e dei diversi effetti finali di una o di altra combinazione. Tali conoscenze noi sappiamo che facilmente si acquistano per l' esame accurato della macchina in stato di riposo, e a riguardo della questione che ci occuperà dirò che si acquistano per lo studio anatomico e geometrico-meccanico del subietto in esame. *Conosciuti i diversi effetti finali* per una o per altra combinazione possibile di forze, resta a vedersi quale è quella di queste combinazioni che si verifica naturalmente. Uno dei dati del problema proposto è, che allorquando la macchina è in azione, quantunque sia coperta, *pure è visibile il suo effetto finale*: questo è il secondo punto di partenza del metodo presente: la osservazione di questo effetto finale indica la combinazione che si verifica e che vi corrisponde, perchè *a ciascuna combinazione di forze* corrisponde necessariamente un *effetto finale diverso*. Ecco i due punti di partenza di una indagine veramente logica e assolutamente rigorosa, cioè

1.° le determinazioni geometrico-meccaniche, 2.° la osservazione dell'effetto finale. Questo metodo è perfetto, perciò qualunque errore possa incorrere appartiene allo Scienziato ed è affatto estraneo al metodo. La responsabilità è tutta di chi lo adopra; esso va adunque saputo adoprare. La sorgente dell'errore è una sola, ed è nello Scienziato soltanto; ma a riguardo del metodo sperimentale vi sono due fecondissime sorgenti di errori, l'una è nello Scienziato, l'altra nel metodo.

Applicando il metodo teorico al subietto che ci occuperà noi dovremo esaminare le condizioni geometrico-meccaniche in cui sono disposti i muscoli intercostali, il loro modo di agire presi isolatamente, il modo di agire delle loro combinazioni possibili o con qualche altro muscolo ec., quindi ricercare per la osservazione l'effetto finale che si verifica normalmente: questo ultimo deciderà sé i muscoli intercostali esterni od interni agiscono nella inspirazione o nella espirazione, ovvero ambedue nella prima.

Parlando in generale di un fenomeno meccanico, ho detto che è necessario determinare le diverse combinazioni possibili delle forze, e in conseguenza i diversi effetti finali che vi corrispondono, quantunque normalmente d'ordinario non si verifichi che un solo ed unico effetto finale. La determinazione degli altri effetti finali adunque sembrerà superflua, ma al contrario nulla è più importante; poichè lasciando a parte la scelta, che fa la osservazione fra i diversi effetti finali, di quello che normalmente si verifica, gli altri una volta esclusi possono ancora servire a spiegare i casi anormali. Ognuno concepirà la grande importanza di questa determinazione, se si considera che dessa è la chiave, dirò così, per rendersi ragione di una infinita varietà di fenomeni meccanici anomali ed accidentali, che possono presentarsi in moltissimi casi differenti ed anche imprevisti. Un fenomeno meccanico della macchina animale può alterarsi per varie cir-

costanze relative all' ordine della contrazione dei diversi muscoli, od alle loro meccaniche condizioni, come, per esempio, 1.° perchè alcuni muscoli si contraggano inregolarmente, sicchè due muscoli che si contraggono normalmente nel medesimo tempo, possono in certi casi contrarsi in tempi differenti, o persistere la contrazione dell' uno più che quella dell' altro, od essere straordinariamente forte ec., come nelle convulsioni cloniche, nel tetano ec. Ognun vede che in questi casi l' effetto finale deve essere necessariamente cambiato; e quando siasi fatto un precedente studio anatomico, veramente coscienzioso, delle condizioni geometrico-meccaniche e del loro meccanismo, o del loro gioco nello stato normale, e nei casi possibili di diverse combinazioni di forze, è facile allora l' argomentare la ragione del disordine che si rivela nell' effetto meccanico alterato. 2.° Perchè una leva un osso può avere cambiato di forma, come nella rachitide. 3.° Perchè può essersi rotto, come nelle fratture. Non ho d' uopo di insistere sulla immensa importanza che possono avere le nozioni anatomico-meccaniche, che siansi acquistate precedentemente, in vista delle diverse emergenze possibili, a cui può andar soggetto un dato meccanismo della nostra macchina, poichè non vi è altra via per rendersi ragione e dei movimenti straordinarii di uno stato convulso, e delle diverse circostanze di una frattura, e delle conseguenze della deviazione di un osso, e per sapere quali debbono essere le forze da impiegarsi per ridurre alla disposizione e forma primitiva un osso lussato o fratturato ec. ec. Per acquistare queste nozioni non basta il solo studio della Anatomia, fa d' uopo associarvi ancora lo studio della Geometria e della Meccanica: ma, mi diceva un Chirurgo molto reputato in *Anatomia descrittiva*, cosa dobbiamo farci della Geometria? dobbiamo forse esercitare l' Agrimensura? ognun vede che questi era un figlio incorreggibile.

Poichè il metodo che ho finora discusso è lo stesso che quello, che tenni in altra occasione, e che si meritò l'onore di una critica che non saprei qualificare per parte del Prof. C. B., perciò mi incorre la necessità di tranquillizzare il mio lettore circa a ciò che questo critico ha detto sul conto del mio metodo: queste intanto sono le sue parole. « È facile accorgersi da ultimo che il « metodo seguito dall'autore è presso a poco un metodo « *a priori*, un metodo che va dal generale al particola- « re, che spiega quello che è per quello che può esse- « re, o anche per quello che suppone dovere essere, « un metodo che credesi lecito, attribuendo un dato scopo « alla natura, di piegare i fatti perchè servano a quello, « e di supporne eziandio per servire ad una preconcepita « ragione finale »; e più sotto « noi prevediamo gravi dan- « ni, se questo metodo venisse introdotto nella Scien- « za » (1). Io non potrei dire altro a discarico del mio critico, se non che forse mi espressi poco chiaramente nella mia Memoria che egli prese a criticare: gli sviluppi che ho dati precedentemente di questo metodo, e ciò che ne dirò nel seguito spero che basteranno a farne giudicare diversamente. Intanto farò osservare, come può rilevarsi da ciò che dissi di sopra, che questo metodo: 1.° non « spiega quello che è per quello che può essere » ma tutto il contrario, cioè *quello che può essere in una circostanza accidentale od anomala per quello che è ordinariamente e normalmente*: 2.° che questo metodo non parte da uno scopo, o da una ragione, o da un effetto finale *preconcepito*, ma per un lato parte da un effetto finale *ricercato* e *constatato dalla osservazione* del fenomeno nella sua normalità. Che mi si dica ora se questo metodo può essere, o no, dannoso alla Scienza: io sono pronto a lasciarlo se mi se ne accenni un altro, non dirò

(1) *Bullettino delle Scienze Mediche* cit.

più rigoroso e più logico, ma egualmente rigoroso e logico quanto sia questo.

Weber, nel suo magnifico lavoro sulla meccanica della locomozione dell'uomo (1), non ha seguito principii differenti da quelli che noi adottammo nel 1840, e che abbiamo qui più diffusamente sviluppati. Uno studioso superficiale potrebbe darsi a credere che vi fosse differenza grandissima nei principii adottati da me, in confronto di quelli di Weber, perchè questo eminente Anatomico ha preso delle misurazioni il più possibilmente esatte, ha eseguito delle esperienze ec. ec., perciò io ne debbo avvertire la ragione. Weber non ha avuto in mira di determinare soltanto *il modo*, ma ancora *la quantità* dell'effetto finale, la sua *velocità*, i suoi diversi *accidenti* ec. ec., per il che gli è stato necessario avere dei dati precisi e particolari per ciascun caso speciale che egli ha posto. Quanto poi alle *esperienze*, egli chiama così le *osservazioni* che possono farsi sulla manifestazione spontanea o voluta sopra di noi dei fenomeni meccanici, o le *ricerche* anatomiche per la valutazione di certe *condizioni meccaniche* ec., mentre noi abbiamo dato il significato più comune se non il più lato a tale appellazione, chiamando *esperienze* o *esperimenti* quelle operazioni, o meglio quelle carnificine, per le quali si provocano, o si mettono in evidenza dei fenomeni meccanici ambigui ed insignificanti negli animali viventi.

Ma continuiamo le nostre critiche riflessioni più da vicino alla questione che ci deve particolarmente occupare.

Veramente non è molto edificante, nè molto favorevole al metodo sperimentale l'imbarazzo di certi sperimentatori, i quali si sono trovati arrestati da un apparente paradosso assai singolare, quale è questo. Si dice comunemente che *un muscolo contraendosi avvicina le due ossa a cui si at-*

(1) *Encyclopédie Anatomique*, tom. 2. Paris, 1843.

tacca: ma invece, quando i muscoli intercostali si contraggono, le coste alle quali sono attaccati si allontanano. Io non parlerò delle strane ed antifisiologiche idee che sono state avanzate per rendersi ragione di ciò: a parer mio hanno mostrato più finezza di spirito coloro, i quali non potendo comprendere quell' apparente paradosso hanno negato il fatto, quantunque innegabile. Beau e Maissiat hanno trovato un altro compenso quasi simile, pretendendo che i muscoli intercostali esterni ed interni si contraggano nella espirazione, perchè in questo atto le coste si avvicinano (1). Si sarebbe certamente scansato tale apparente paradosso se alla proposizione accennata si avesse sostituita la seguente, che ho sopra riportata, e che hanno formulata presso a poco anche Beau e Maissiat, quantunque con non molto profitto = *un muscolo contraendosi produce quel movimento nel quale i due punti di attacco si avvicinano nel senso della sua lunghezza* =. Questa proposizione, più generale, è vera per tutti i muscoli e per quelli intercostali, mentre la prima è erronea per questi muscoli, ed è un caso particolare di questa per gli altri. Noi vedremo che quando i muscoli intercostali contraggonsi, le coste si allontanano per causa *che diminuisce la loro obliquità* sulla colonna vertebrale, e sullo sterno; ma quantunque esse si *allontanino*, pure i punti di attacco dei muscoli intercostali si *avvicinano.*

Si ha potuto negare l' allontanamento delle coste mentre i muscoli intercostali si contraggono, o si ha potuto referire, come hanno fatto Beau e Maissiat, la loro contrazione ad un istante in cui necessariamente debbono essere rilassati, quando si ha preteso far resultare questo fatto dagli esperimenti, poichè si sa che in queste circostanze i resultati sperimentali si riducono ad un *mi sembra*, o *non mi sembra*; tanto più che l' allontanamento di

(1) *Archives* 1843, tom. I, pag. 277.

una costa dall'altra è quasi impercettibile: ma non potrà mai moversi il minimo dubbio, da chi sia competente, quando si giunga a dimostrare questo allontanamento, o ad interpretare questo fatto così fuggevole ed incerto, per mezzo delle leggi geometrico-meccaniche; allora non vi è *sembra* che tenga, od è, o non è (1).

Ma si ammettano pure i resultati dello esperimento da colui che non vuole, o non sa apprezzare le condizioni meccaniche e geometriche: allora io gli accerto che si troverà ben presto alle prese con ciò che egli chiamerebbe *il buon senso*, poichè questo suo supposto buon senso gli dirà, come a Beau e Maissiat, che contraendosi i muscoli

(1) Lo stesso può dirsi degli esperimenti che si volessero tentare per determinare il *modo* del meccanismo dell' *Apparecchio di Weber* nello straordinario rapporto che io ho scoperto fra questo apparecchio e la midolla spinale nei *Ciprini*, e nel *Siluro elettrico*. Io avverto di ciò, perchè taluno mi aveva proposto di istituire degli esperimenti per determinare il modo di questo meccanismo. Ma quali esperimenti potranno mai valutare dei movimenti che non debbono certamente avere un centesimo di linea di estensione? poichè sì minimi movimenti non potranno mai vedersi eseguire naturalmente, perciò appellandosi allo esperimento si direbbe = tali movimenti *mi sembrano* operarsi così = ovvero = non si eseguono affatto *perchè non gli vedo* =: ecco la logica degli sperimentatori per eccellenza. Potrebbe plausibilmente farsi qualche esperimento di altro genere per tentare di scoprire la natura dell' effetto che risente la midolla spinale ed il sistema nervoso da questa più che straordinaria azione meccanica che vi esercita l'*Apparecchio di Weber*; ma io dubito fortemente che si possa riuscire a qualche cosa di soddisfacente, sembrandomi più ragionevole di valutare la destinazione di questa azione meccanica, cominciando dall' apprezzare le circostanze in cui vivono questi pesci, come feci al Congresso Scientifico di Lucca; per il che io rinvio alle due mie Memorie seguenti:

Sulle relazioni dell' Apparecchio di Weber con la midolla spinale nella famiglia dei Ciprini; negli *Atti del Congresso scientifico di Lucca*, pag. 400.

Sopra l' organo elettrico del Siluro, comparato a quello della Torpedine e del Gimnoto, e sull' Apparecchio di Weber nel Siluro, comparato a quello dei Ciprini. Memoria letta alla Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna li 26 Marzo 1846, Bologna 1846; e nei *Nuovj Annali delle Scienze naturali di Bologna*, Luglio 1846.

intercostali le coste si debbono avvicinare, mentre lo esperimento potrebbe mostrargli che si allontanano. Cercherà allora taluno, dotato di vero buon senso, di spiegargli il paradosso apparente, mostrandogli il gioco delle condizioni meccaniche per le leggi geometriche: ma quando il primo lo avrà ben compreso, si avvedrà che è stato fallace od inutile il suo esperimento, poichè la verità, che nel secondo caso gli avrebbe fatta incertamente conoscere, resultava chiara, evidente, ed innegabile, dalla analisi geometrica delle condizioni meccaniche. Pure qualcuno non si pentirà di aver fatto questo inutile esperimento, pretendendo dire, esso viene a convalidare la vostra spiegazione geometrica: ma ci dica, di grazia, se il suo esperimento non avesse convalidata la nostra spiegazione, a qual partito si sarebbe attenuto? La possibilità vi era, poichè le mille ed una volte si è veduto che gli stessi esperimenti hanno dato ad uno sperimentatore un resultato, mentre ad un altro hanno dato un resultato del tutto opposto: esempio ne siano gli esperimenti di Beau e Maissiat, e di Marcacci nella presente questione; quelli di Magendie e di Maingault nella questione del meccanismo del vomito, e tanti e tanti altri fallaci ed inutili esperimenti. Io non dirò altro, che allorquando uno ha bisogno dello sperimento per ammettere una spiegazione geometrico-meccanica, allorquando si giunge ad un tal grado di scetticismo, io ho tutto il diritto di dichiarargli che questo non è più scetticismo, ma è qualche cosa altro che io gli lascerò indovinare: io ho pure il diritto di dirgli che egli non può aver compresa questa spiegazione, e molto meno la sua irrecusabile validità, poichè una verità geometrica non ha bisogno di essere convalidata dagli esperimenti; la sua natura vi repugna, perchè la sua dimostrazione è di un grado troppo superiore, affinchè non debba abbassarsi allo stesso livello dello esperimento.

L' Haller ha sostenuto che le coste fossero elevate per i muscoli intercostali che stanno sopra a ciascuna, e che la prima fosse elevata dai muscoli scaleni. Nulla di più vero e di più indubitabile di ciò, ad esclusione per altro dei muscoli intercostali interni; ma ammettendo assolutamente quella proposizione, sembrerebbe che dovesse concludersi con l' Haller, che senza i muscoli scaleni che inalzano la prima costa, nè questa nè le altre potrebbero elevarsi. Io sostengo invece, il che a primo aspetto sembrerà assurdo ed insostenibile, che un qualunque muscolo intercostale esterno non solo eleva la costa che gli sta sotto, ma ancora, almeno mediatamente, quella che sta sopra; poichè io dimostrerò che *un sistema di due coste prossime può essere elevato dal solo muscolo intercostale esterno fra esse compreso*, sicchè questo muscolo eleva tanto la costa inferiore che la superiore: il simile può dirsi di un muscolo intercostale interno che abbassa la costa superiore e la inferiore. Per mostrare la immensa superiorità dell' analisi geometrica sui metodi sperimentali in fatto di funzioni meccaniche, io sfido il più abile sperimentatore del mondo a dimostrare per mezzo di esperimenti, che due coste possono essere elevate dal solo muscolo intercostale esterno fra esse compreso. Per dimostrare empiricamente questa proposizione, ecco quali sarebbero le condizioni sperimentali assolutamente necessarie = eliminare tutti gli altri muscoli, eccetto quello in esame = isolare le due coste che lo comprendono da tutte le parti circonvicine = separare un segmento di sterno corrispondente allo spazio intercostale nel quale il muscolo è compreso, per lasciare liberi i movimenti delle due coste sulla colonna vertebrale =: tali sarebbero le condizioni assolutamente indispensabili di questo esperimento, affinchè si potesse presumere di potere ottenere un qualche resultato interpetrabile ed ammissibile. Ma qual resultato! lo dica chi ha un poco di senno, se da

una carnificina come questa potrebbesi mai levare una certezza simile a quella che la geometria può dimostrare. Si dirà forse che se lo sperimento può ingannare, anche la teoria può fare aberrare. Io convengo di ciò pienamente e ben volentieri: ma intanto, qual garanzia ci dà lo sperimentatore di aver bene operato, e meglio interpretato? nessuna. Vorreste voi ripetere i suoi esperimenti per vedere se si fosse ingannato? ma in caso di contrario resultato vi può essere risposto che un esperimento può valere quanto un altro; perciò noi siamo ridotti a riposare interamente sulla fede dello sperimentatore e sulla reputazione logica ed operatoria che si può avere acquistata. Ed il teorista, qual garanzia? il teorista in fatto di *funzioni meccaniche* (non già di funzioni organiche o vitali, si noti bene), il teorista vi dà anche troppa garanzia: la garanzia che egli vi dà è intera nei termini della sua dimostrazione; egli ve la pone sotto gli occhi, voi potete giudicarla, e combatterlo se si è ingannato. Tale è il fare dei Geometri, e tale dovrebbe essere quello degli Anatomici e dei Fisiologi nelle questioni di meccanica animale.

PARTE SECONDA

Teoria geometrico-meccanica della funzione dei muscoli intercostali nella respirazione.

Conseguentemente ai principii finora discussi noi esamineremo e determineremo, 1.° le condizioni meccaniche delle coste, o queste ossa considerate come *leve*; ed i loro movimenti possibili: 2.° le condizioni meccaniche dei muscoli che le movono, o questi muscoli considerati come *forze*: 3.° il modo di agire di ciascun muscolo, preso indipendentemente dagli altri: 4.° i modi di azione delle combinazioni possibili delle loro forze: 5.° determineremo

la combinazione che si verifica nel fenomeno normale della respirazione, o, in altri termini, dimostreremo l' ufficio dei muscoli intercostali e di altri muscoli in questa funzione. 6.° In fine daremo un saggio delle diverse teorie della meccanica della respirazione.

Negli uccelli questi diversi subietti essendo molto più apparenti, anzi può dirsi, esagerati, perciò noi ci varremo delle nozioni che possiamo trarre da questa classe di animali, per far meglio rilevare ciò che non può osservarsi così patentemente nell' uomo.

§. I. *Condizioni meccaniche delle coste, e loro movimenti possibili.*

Le coste (*Fig.* 1, e 6) hanno una forma doppiamente arcuata, che gli Anatomici dicono resultare da una specie di torsione, e che i Geometri chiamerebbero *curva a tre coordinate.* Queste due curve possono essere *projettate* almeno in due piani ortogonali, l' uno orizzontale (*Fig.* 6 *A C S*), l' altro verticale ed antero-posteriore (*Fig.* 1 *A B C D*). Le due estremità di ciascuna costa sono presso a poco allo stesso livello, o l' anteriore poco più bassa che la posteriore. Ambedue queste estremità sono articolate, la posteriore (*Fig.* 1, e 6 *A*) con la colonna vertebrale, l' anteriore con lo sterno (*Fig.* 1 *D C*, 6 *S*).

Due coste prossime sono presso a poco paralelle, o poco convergenti o divergenti in un senso od in un altro; di modo che formano delle specie di paralellogrammi obliqui, e per la forma curvilinea questi paralellogrammi sono come disposti obliquamente sulla superficie di un cono a base inferiore. Il paralellogrammo (*Fig.* 1) che comprendono le coste è formato per due lati dalle coste *A D*, *B C*; per gli altri due lati dalla colonna vertebrale *A B*, e dallo sterno *D C*. Questo paralellogrammo è obliquo;

ed essendo curvilineo, perciò gli angoli opposti *invece di essere eguali, sono complementarii*. Da ciò resulta che questo paralellogrammo curvilineo può considerarsi come resultante dalla riunione di due paralellogrammi rettilinei disposti inversamente, l'uno posteriore l'altro anteriore, nel modo che presenta più chiaramente la forma e la disposizione delle coste degli uccelli (*Fig.* 7).

Le coste inferiori toccandosi formano invece dei triangoli curvilinei, e l'ultima è quasi indipendente dalle altre; ma le loro condizioni meccaniche essenziali rientrano nello stesso caso delle precedenti.

I *movimenti possibili* delle coste dipendono da due principali condizioni differenti, cioè dalle loro *articolazioni*, e dalla *cedevolezza* che permette la loro *elasticità*.

L'*articolazione posteriore* o *vertebrale* delle coste è la più importante a notarsi; noi la preferiremo all'altra, per la maggiore semplicità che vi è, di considerare nella posteriore il *centro dei movimenti* che andiamo a descrivere. Alcuni movimenti per altro potrebbero referirsi invece alla *articolazione anteriore* o *sternale*, ma nella maggior parte dei casi è indifferente; pure avvertiremo il caso particolare in cui sia più semplice di referirli a questa seconda articolazione. Comunque sia, è facile il concepire che un *medesimo movimento*, è di *sollevamento* se si referisce il centro di movimento alla articolazione posteriore, ed è di *abbassamento* se si referisce alla articolazione anteriore, e *viceversa*.

L'*articolazione posteriore* (*Fig.* 6) facendosi in due punti, cioè alla testa *A* della costa, ed al tubercolo costale *B*, perciò stabilisce una specie di *ginglimo a perno*. Questa importantissima condizione fa sì che la costa, elevandosi od abbassandosi, in questo punto *gira attorno all' asse MN* del suo collo; onde i suoi movimenti angolari, o di inalzamento e di abbassamento, in questo punto sono *quasi nulli*, mentre nel rimanente della costa sono

subordinati alla direzione dell' asse M N. Questo asse è diretto *dalla colonna vertebrale all' infuori, ed un poco obliquamente in dietro ed in basso.* Elevandosi la costa, la sua parte media *C*, corrispondente ai lati del torace, si porta un poco *all' esterno*, cioè da *C* in *D*, per la obliquità che ha *in basso ed in dietro* l' asse *M N* del suo movimento. Questo spostamento laterale da *C* in *D*, che subisce la costa nell' elevarsi, *aumenta il diametro trasverso del torace*. In questo stesso movimento la estremità anteriore della costa si eleva *quasi verticalmente* (*Fig.* 4) da *D* in *d*, giacchè la *poca obliquità generale che essa ha in avanti* è compensata ancora dalle due obliquità del suo *asse di movimento.*

La *cedevolezza* permessa dalla *elasticità* delle coste costituisce una condizione meccanica delle più importanti relativamente ai loro movimenti possibili. Se mentre si *eleva* una costa per una forza applicata *posteriormente*, la sua parte anteriore fosse obbligata ad *abbassarsi* da una forza opposta applicata *anteriormente*, è chiaro che il *contrasto* di queste due forze farebbe *aprire la curva*, specialmente nella parte anteriore che è più cedevole; sicchè *compensandosi* questi due movimenti opposti di elevamento e di abbassamento, la estremità anteriore si manterrebbe presso a poco *allo stesso livello*, ma verrebbe *portata in avanti*, perciò la costa (*Fig.* 3) *A D* prenderebbe la disposizione *A d*; ovvero dalla disposizione (*Fig.* 6) *A C S* passerebbe all' altra *A D E*.

Intanto la costa per questo contrasto tenderebbe ad essere *rovesciata in dietro*; ma per questa parte viene *sostenuta* dalla apofisi trasversa delle vertebre dorsali, sulla cui estremità appoggia il tubercolo costale (*Fig.* 6) B.

Per questo stesso contrasto la costa tenderebbe ancora a portarsi più all' esterno cioè (*Fig.* 6) in *D*, oltre che per le due obliquità dell' asse di movimento, come già vedemmo, sicchè l' aumento del *diametro trasverso* del to-

race dipenderebbe da queste due condizioni, cioè 1.° dalle due obliquità dell' asse di movimento; 2.° dal contrasto di due forze che aprissero la curva delle coste.

Il contrasto delle due forze opposte, che abbiamo considerate l'una nella parte posteriore l'altra nella parte anteriore della costa, deve necessariamente aprire la curva delle coste specialmente nella parte anteriore più cedevole, allontanare lo sterno (*Fig.* 3 *D C*, *Fig.* 6 *S*) dalla colonna vertebrale, ed in conseguenza aumentare il *diametro antero-posteriore del torace.*

Perciò dunque i soli movimenti delle coste possono ampliare il torace nei due diametri *trasverso* ed *antero-posteriore.*

Nel contrasto delle due forze, che abbiamo supposte, necessariamente è posta in gioco la *elasticità* della costa. Cessata l' azione di queste forze, interviene il gioco della elasticità che riconduce le parti allo stato primiero, operandosi dei movimenti in senso opposto.

Per produrre i movimenti che abbiamo descritti è chiaro che vi ha bisogno di *due forze opposte*, l'una applicata alla parte *posteriore* della costa, l' altra alla parte *anteriore*; onde si potrebbe già presumere che se questi movimenti realmente si verificano nel fenomeno della respirazione, debbono necessariamente esistere queste due forze: noi le troveremo nelle due specie di muscoli intercostali; per altro noi dedurremo da dei dati più semplici e diretti il modo di agire particolare di questi muscoli. Intanto osserviamo che le nozioni qui sopra acquistate ci fanno vedere, come le coste possono *trasformare* due movimenti *verticali* in due movimenti *orizzontali*, cioè come da due sole forze opposte di *elevamento* e di *abbassamento* si ottenga la dilatazione del torace in due sensi affatto diversi, vale a dire *in senso antero-posteriore* e *trasverso.*

Dirò occasionalmente che la dilatazione del torace in

senso verticale è operata interamente o quasi interamente dall' abbassamento del diaframma. Allorchè una costa si eleva, se una forza al tempo stesso la deprime anteriormente, allora non si eleva altro che la *sua parte media*, o quella che corrisponde ai lati del torace (*Fig.* 3): verificandosi, come vedremo, nella inspirazione questo contrasto di due forze, è quasi un errore il dire che il torace si solleva nella inspirazione, poichè, come mostreremo, non si solleva in realtà che la parte media delle coste nel tempo stesso che si porta in fuori; mentre la estremità anteriore e lo sterno conservandosi allo stesso livello, si portano in avanti: onde concludiamo che i movimenti delle coste possono servire ad ampliare la cavità del torace soltanto nel senso o nel diametro *trasverso* ed *antero-posteriore*.

Ciò che dissi delle coste in generale può ripetersi presso a poco delle coste spurie. Nella articolazione anteriore le coste possono eseguire dei movimenti angolari, facili a concepirsi. Io tralascio molte altre cose, che fin ora si sono credute della più grande importanza come condizioni meccaniche: per esempio, la maggiore o minore mobilità delle coste nelle loro articolazioni vertebrali. Ciò che è essenzialmente importante in un meccanismo apparisce immediatamente e con una evidenza decisiva a chi ne è competente: che la maggiore o minore mobilità delle coste non è una condizione essenzialmente necessaria lo provano i resultati sperimentali di Haller e di Magendie: il primo ha trovato le coste inferiori più mobili che le superiori, il secondo ha trovato tutto il contrario.

Per avere una idea più completa e decisa delle condizioni meccaniche, e del meccanismo delle coste bisogna esaminare il torace degli uccelli. In questi animali la maggior parte della curva delle coste è concentrata (*Fig.* 7) in un angolo articolato e più o meno aperto *A O D*, e le coste divise per questo in porzione o costa posteriore o vertebrale *A O*, e porzione o costa anteriore o ster-

nale *O D*; onde anche gli spazii intercostali sono divisi in posteriore ed anteriore.

La porzione vertebrale o posteriore delle coste si move come nell'uomo attorno ad un asse diretto all'esterno ed un poco obliquamente in dietro ed in basso, il quale è stabilito da due distintissime articolazioni, corrispondenti alla testa della costa ed al tubercolo costale. Questa porzione elevandosi si porta ancora un poco all'*esterno* per la obliquità che ha *in basso ed in dietro* l'asse del movimento, onde viene a dilatarsi il torace nel *diametro trasverso*. Le coste degli uccelli essendo molto più mobili, perciò questo movimento all'esterno è limitato dall'*appendice sotto-costale* della costa superiore.

La porzione sternale o anteriore delle coste di questi animali può moversi più facilmente che nell'uomo, essendo separata e semplicemente articolata con la precedente. Facilmente si può concepire l'effetto del contemporaneo elevamento della costa posteriore, ed abbassamento della costa anteriore (*Fig.* 9), per i quali contemporanei movimenti lo sterno *D C* si porta in avanti, cioè in *d c*, ampliando il torace nel diametro antero-posteriore.

I movimenti che abbiamo fin qui esaminati sono *possibili*, come resulta inrecusabilmente da uno studio accurato delle condizioni meccaniche in cui sono costituite le coste. Per ora ci basta che si convenga che questi movimenti sono possibili; vedremo di poi se si realizzano e si verificano. A questo effetto bisogna dimostrare la esistenza di *due forze* che agiscano sulle coste *nel modo contrario* che abbiamo supposto. Per ciò esaminiamo intanto i muscoli che ci fa conoscere l'anatomia, ed esaminiamoli come *forze*, cioè sotto il punto di vista della loro direzione, dei loro punti di applicazione, e del loro modo di azione.

§. II. *Condizioni meccaniche dei muscoli principali moventi le coste.*

I muscoli relativi agli ordinarii moventi delle coste sono principalmente gli *intercostali*, i *sopra*, e *sotto-costali*, gli *scaleni*, i *piccoli dentati*, ed il *triangolare dello sterno*. Molti altri muscoli possono esercitare straordinariamente una azione più o meno forte sulle coste, come quelli del basso-ventre, quelli superficiali del torace e del collo, e quelli profondi del dorso: ma d' ordinario questi muscoli non fanno che prendere un punto fisso sul torace, specialmente *quando è reso immobile dallo sforzo respiratorio.*

I sopra accennati muscoli che andiamo ad esaminare, sono qui semplicemente considerati come *forze*, cioè sotto il punto di vista della loro direzione, e dei punti di applicazione. Queste due essenziali condizioni dalle quali deriva il *modo di azione*, sono da noi d' ordinario referite al principale *centro di movimento* delle coste, od alla loro articolazione posteriore, che trovasi sulla colonna vertebrale.

I *muscoli intercostali* (*Fig.* 1) occupano ciascuno spazio intercostale, avendo le loro fibre dirette obliquamente, ed attaccate da una costa all' altra. Queste *fibre carnose* sono miste ad altre *fibre aponevrotiche*, e perciò inestensibili, le quali hanno la stessa direzione e i medesimi attacchi che le precedenti: noi faremo vedere la particolare distinzione di queste fibre aponevrotiche. Tali muscoli con le loro fibre carnose ed aponevrotiche formano due piani sovrapposti e distinti per la *differente estensione* che occupano negli spazii intercostali, e per la *direzione diagonalmente inversa* delle loro fibre.

Il *muscolo intercostale esterno* (*Fig.* 1) *E S* è il più superficiale: occupa *i due terzi posteriori* dello spazio in-

tercostale: l'*attacco superiore é più prossimo* che l'inferiore alla colonna vertebrale od al *principale centro di movimento* delle coste: questo muscolo è *più forte in dietro* che in avanti.

Il *muscolo intercostale interno IN* è coperto in parte dal primo: occupa *i due terzi anteriori* dello spazio intercostale e intercartilagineo: *l'attacco superiore è più lontano* che l'inferiore dalla colonna vertebrale o dal principale centro di movimento: questo muscolo *è più forte in avanti* che indietro.

Riassumendo il confronto dirò, che il *terzo medio OSN* dello spazio intercostale è occupato dai due muscoli, ove ambedue *sono meno forti*, ma l'*esterno* più forte che lo *interno*, e sommati, presso a poco equivalgono al rimanente di ciascuno: il terzo posteriore è occupato dall'esterno soltanto, il terzo anteriore soltanto dall'interno. Questo *terzo anteriore* corrisponde interamente alla parte *cartilaginea*, la parte più cedevole e più elastica delle coste. La differenza di posizione dell'attacco superiore ed inferiore dei due muscoli stabilisce la *direzione diagonalmente inversa* e caratteristica per ciascuno. Si avverta bene la *differenza di spazio* che occupano i due muscoli intercostali, poichè questa importantissima condizione anatomica e meccanica essendo stata trascurata da Borelli, perciò egli ha data una teoria assai poco esatta della meccanica di questi muscoli, come faremo notare in appresso.

I *muscoli sopra-costali*, il *piccolo dentato superiore*, e gli *scaleni* (*Fig.* 1) *T V* appartengono alla categoria degli *intercostali esterni*, avendo l'attacco *superiore più prossimo* o sulla colonna vertebrale medesima, l'attacco inferiore alle coste. I *muscoli sotto-costali* appartengono alla categoria dei muscoli *intercostali interni*, avendo l'attacco *superiore più lontano* dalla colonna vertebrale che l'attacco inferiore.

Il *muscolo triangolare dello sterno* (*Fig.* 1) *R I* ha l'attacco superiore alle cartilagini, l' inferiore allo sterno. Comparato al muscolo *intercostale esterno*, il muscolo triangolare ha le fibre disposte nella medesima direzione, ma occupa una regione del torace diametralmente opposta. Comparato al muscolo *intercostale interno*, il triangolare occupa la medesima regione anteriore del torace, ma le sue fibre hanno una direzione diagonalmente inversa. — Il simile può dirsi del *muscolo piccolo dentato inferiore*, il quale ha l' attacco superiore alle coste, l' inferiore alla colonna vertebrale. Questo muscolo ha le sue fibre disposte nella stessa direzione dell' intercostale interno, ma occupa la regione posteriore del torace che specialmente appartiene all' intercostale esterno. Adunque questi due muscoli, il triangolare dello sterno ed il piccolo dentato inferiore, non possono, per il complesso delle loro essenziali condizioni maccaniche, appartenere esclusivamente ad alcuna delle due categorie di muscoli intercostali. Questa circostanza fa di già presumere che l' azione di questi due muscoli deve differire da quella degli intercostali o nel *modo*, o nel *tempo* soltanto, ovvero in ambedue: noi discuteremo a suo luogo l' azione di questi muscoli.

Tutte le altre particolarità dei muscoli precedenti possono avere qualunque altra utilità, ma sono affatto superflue per la questione meccanica presente.

Negli uccelli i muscoli precedenti sono stati assai male descritti. Meckel (1) è il solo che gli abbia descritti sufficientemente bene, ma non a bastanza per la questione che ci occupa. Io gli ho esaminati nel piccione, ed in alcuni altri uccelli.

I *muscoli intercostali* degli uccelli (*Fig.* 7) sono in

(1) *Traité général d' Anatomie comparée.* Paris 1829-30, tom. VI, pag. 16 e seg.

condizioni meccaniche più distinte che nell' uomo, poichè gli esterni *E S* occupano lo spazio intercostale posteriore, gli interni *I N* lo spazio intercostale anteriore, onde anche nell' uomo meriterebbero invece la denominazione di muscoli intercostali *posteriori* ed *anteriori*. Grant (1) ha adottata questa distinzione, ma l' ha confusa con l' altra senza renderla sinonima. Questi muscoli, come aveva già notato anche Meckel, sono quasi interamente carnosi, cioè hanno brevissimi attacchi tendinei, e mancano delle fibre aponevrotiche, mescolate alle fibre carnose come abbiamo veduto nell' uomo. Questa ultima circostanza è molto essenziale, come avremo luogo di vedere.

L' intercostale *esterno* occupando tutto lo spazio intercostale posteriore *E S*, cessa all' angolo che fanno le due porzioni di ciascuna costa. — L' intercostale *interno* occupando tutto lo spazio intercostale anteriore *I N*, occupa ancora una piccola parte anteriore *O S* dello spazio intercostale posteriore, ove è molto sottile e coperto dal precedente. Gli attacchi di questi muscoli, e in conseguenza la direzione delle loro fibre, sono in condizioni precisamente simili a quelle dell' uomo. I muscoli intercostali interni od anteriori presentano due strati, ma è un errore il riguardare questi due strati analoghi agli intercostali interni ed esterni dell' uomo, come ha asserito Grant ed altri ancora, poichè le fibre di questi due strati, relativamente alla colonna vertebrale od al principal centro di movimento, hanno la medesima direzione, come benissimo ha fatto osservare anche Meckel.

I muscoli *sopra-costali* e *scaleni T V* hanno una disposizione simile a quella dell' uomo, ed appartengono perciò alla categoria degli intercostali esterni o posteriori.

I *muscoli sotto-costali R N*, o quelli che appartengono alla categoria di questi, e degli intercostali interni od an-

(1) *Outlines of Comparative Anatomy*. London 1841, pag. 166.

teriori, sono moltissimo sviluppati, e si inseriscono in alto nello sterno, in basso nella costa sternale. Meckel che descrive questi muscoli, o questo muscolo, non gli dà alcun nome particolare; Cuvier lo denomina erroneamente *muscolo triangolare dello sterno* (1), altri *muscolo sterno-costale*. Il vero muscolo triangolare dello sterno, se esistesse, avrebbe una direzione diagonalmente inversa di quella che ha il muscolo in questione, cioè avrebbe l' attacco superiore alla costa, l' inferiore allo sterno come nell' uomo (*Fig.* 1) *R I*: ma questo preteso muscolo triangolare manca affatto negli uccelli, e forse mancano ancora i *piccoli dentati*. Noi vedremo come la azione del triangolare dello sterno, che manca, è ampiamente supplita dai fortissimi muscoli pettorali.

Tali sono le principali e più essenziali condizioni meccaniche necessarie a notarsi per il nostro argomento. Veniamo intanto a determinare il modo particolare di azione di questi muscoli.

§. III. *Modo particolare di azione di ciascuno dei precedenti muscoli.*

Il modo particolare di azione dei precedenti muscoli è bene evidente per alcuni, quali sono quelli che hanno un attacco ad un punto relativamente fisso, o sulla colonna vertebrale, o sullo sterno. Ma non è così immediatamente evidente pei muscoli intercostali i quali hanno i loro due attacchi alle coste, essendo queste presso a poco tutte egualmente mobili. Mentre pei primi basta soltanto un'occhiata per veder subito il loro particolare modo di azione, al contrario pei muscoli intercostali è necessario uno studio un poco più accurato per potere valutare il gioco delle condizioni geometrico-meccaniche, un poco

(1) *Leçons d' Anatomie Comparée*. Bruxelles 1836, tom. I, pag. 121.

più complicate, nelle quali sono disposti. Io incomincio adunque da questi muscoli.

La dimostrazione geometrico-meccanica dell' azione dei muscoli intercostali che vado ad esporre, quantunque non sia identicamente quella stessa di Hamberger (1), pure non ne differisce essenzialmente, non ostante che egli abbia alquanto confusa la questione con la inutile ed arbitraria divisione dei muscoli intercostali interni in *porzione interossea*, e *porzione intercartilaginea*. Noi, per non recare maggiore confusione, ci asterremo dal far caso di questa distinzione, la quale ci daremo cura di confutare nel paragrafo seguente.

Io rinnovai la dimostrazione del teorema di Hamberger, varii anni or sono, in una privata *Società medica*, stabilita in Pisa per le cure lodevolissime del fu Prof. F. Civinini. Di quella Società medica era Segretario il Dott. Marcacci, il quale prese argomento in quella occasione di scrivere e pubblicare, alcuni mesi dopo, la sua memoria *Sui moti del petto*, che abbiamo citata al principio di questo scritto. Godo sommamente nel vedere in quella memoria quanto il Dott. Marcacci abbia profittato del teorema di Hamberger, ma è un poco ingiusto che egli attribuisca il valore della sua teoria agli esperimenti che istituì dopo aver presa cognizione dei corollarii che in quella Società medica io feci derivare da quel teorema. Quando si sa come un muscolo deve agire è facile farne l' esperimento, poichè i resultati sperimentali di questo genere sono, come vedemmo, talmente ambigui, che si possono sempre interpretare come torna più comodo: onde non è da meravigliare che la teoria del Dott. Marcacci combini in molti punti con quella di Hamberger, e spe-

(1) *Georgii Erhardi Hambergeri Physiologia medica, seu de actionibus corporis humani sani doctrina principiis physicis a se editis, itemque mathematicis atque anatomicis superstructa.* Jenae 1751, pag. 136 e seg.

cialmente con la mia. Vero è per altro che non sembra che a me riuscisse di fare entrare il Dott. Marcacci nello spirito vero del teorema; poichè apparisce chiaro in tutto il suo scritto, che ne profittò più per comodità che per convinzione, non essendo stato sempre coerente ai medesimi principii, come lo farò vedere con le sue stesse parole.

Proposizione I. *I muscoli intercostali esterni elevano le coste.*

Sia *E S* (*Fig.* 2) una fibra dei muscoli intercostali esterni. Dal punto E del suo attacco superiore si conduca una retta *E i*, paralella alla colonna vertebrale *A B*. Si avrà allora il triangolo *E S i*, nel quale il lato *E S* rappresenta il muscolo. Se il sistema delle due coste A D, *B C si eleva* (facendo centro di movimento sulla colonna vertebrale) l' angolo *A B S*, o il suo eguale *E i S* diminuisce. Ma in un triangolo, nel quale un angolo diminuisce restando eguali i lati che lo comprendono, diminuisce ancora il lato opposto, cioè *E S*. Questo lato rappresentando il muscolo, e i punti *E*, ed *S* i suoi punti di attacco, perciò elevandosi le coste, i punti di attacco del muscolo intercostale esterno si *avvicinano*: dunque, poichè un muscolo qualunque produce quel movimento nel quale i due punti di attacco si avvicinano nel senso della sua lunghezza, perciò questo muscolo *E S* contraendosi *eleva necessariamente* le due coste ; cioè tanto la costa inferiore che la superiore. Questo elevamento è mostrato dalla *Fig.* 4, per il quale le due coste *A D*, *B C* prendono la disposizione *Ad*, *Bc*.

Si potrebbe egualmente dimostrare che abbassandosi le coste, i due punti *E* ed *S* si allontanano; perciò rappresentando essi gli attacchi del muscolo, le coste non possono abbassarsi se il muscolo non si allunghi, cioè se non sia rilassato.

Se la retta *E S*, invece di una fibra muscolare, rap-

presentasse una fibra aponevrotica, cioè *inestensibile*, questa fibra, dopo un certo grado di abbassamento delle coste diverrebbe *tesa*, e così porrebbe *un limite allo abbassamento*. Ecco la destinazione principale delle fibre aponevrotiche mescolate alle fibre carnose nel muscolo intercostale esterno.

Se dal punto *i* si tira una retta *i r* perpendicolare alla costa, questa retta misura la *distanza* delle due coste, essendo queste presso a poco paralelle: questa retta inoltre è un lato del triangolo rettangolo *E i r*. Elevandosi le due coste la ipotenusa *E i* resta eguale, ma l'angolo *B A r*, o il suo eguale *i E r* diventa maggiore, dunque il lato opposto *i r* diventa maggiore; perciò questo lato *misurando la distanza* delle due coste, e queste *elevandosi*, *si allontanano*, mentre *si avvicinano i punti di attacco* del muscolo intercostale esterno. È da avvertirsi che questo allontanamento, in conseguenza della forma arcuata delle coste, si verifica soltanto nella metà posteriore dello spazio intercostale, mentre nella metà anteriore si verifica quando si abbassano per l' effetto del muscolo intercostale interno.

Proposizione II. *I Muscoli intercostali interni abbassano le coste.*

Sia *I N* una fibra di questi muscoli: si conduca la retta *i u* paralella alla colonna vertebrale *A B*, od allo sterno *D C*, giacchè queste due parti possonsi considerare, senza alcuno errore, presso a poco paralelle fra loro. Si avrà allora il triangolo *I N u*, nel quale il lato *I N* rappresenta il muscolo. Se il sistema delle due coste *A D*, *B C si abbassa* (facendo centro di movimento sulla colonna vertebrale), l' angolo *D C N*, o il suo eguale *I u N* diminuisce, dal che resulta come sopra, che questo muscolo contraendosi *abbassa necessariamente* le due coste, cioè tanto la superiore che la inferiore. Questo abbassa-

mento è mostrato dalla *Fig.* 5, per il quale le due coste *A D*, *B C* prendono la disposizione *A d*, *B c*.

Il muscolo intercostale interno adunque è *antagonista* del precedente, ma antagonista *indiretto* per la più gran parte, come vedremo, poichè le loro forze opposte più considerabili, sono applicate a due punti differenti di ciascuna costa. Da ciò deriva che questi due muscoli contraendosi insieme non possono affatto distruggere reciprocamente le loro forze; che anzi, dirò anticipatamente, il loro antagonismo indiretto *si risolve nell' aprimento della curva* delle coste, come avremo luogo di mostrare.

Le fibre aponevrotiche inestensibili, mescolate a quelle carnose dell' intercostale interno *limitano*, come le precedenti, il movimento opposto a quello che produce questo muscolo, cioè pongono un limite allo *elevamento*.

La perpendicolare *u v* (*Fig.* 2) misurando la *distanza* delle coste in questa parte anteriore, si può egualmente dimostrare che aumenta quando questo muscolo si contrae, che è quanto dire che quando i suoi punti di attacco si avvicinano le coste si allontanano.

Ecco dimostrato ciò che si voleva dimostrare, e che gli esperimenti non giungeranno mai a dimostrare, e molto meno con questa evidenza *più che di fatto*, cioè con questa *necessità geometrica*, il che è dir tutto: onde non si speri giammai infirmarla con dei dubbii sperimentali, nè si creda aggiungervi un atomo pretendendo convalidarla con gli esperimenti. Quel buon uomo di Hamberger si volle affaticar troppo a persuadere chi non voleva ascoltarlo: « *centies*, diceva egli, *centies Illustr. de Haller hanc necessitatem geometricam opposui*, *ipse nunquam aliud regessit, quam experientiam in pectore esse contrariam* » ec. (1). Io lascerò ad altri la cura, se non debbo

(1) *Op. cit.* pag. 142.

dire la penà, di convertire gli increduli del nostro tempo a queste verità geometriche.

Negli uccelli il modo di azione dei due muscoli intercostali *è identicamente lo stesso che nell' uomo*; onde può essere dimostrato con le stesse parole che abbiamo espresse di sopra, valendosi invece della *Fig.* 8, che porta le medesime lettere, per le indicazioni. È da avvertirsi per altro che il centro di movimento della porzione anteriore delle coste si referisce particolarmente alla articolazione media, che riunisce le due porzioni di ciascuna costa.

I muscoli *sopra-costali*, gli *scaleni*, ed il *piccolo-dentato-superiore* (*Fig.* 1, e 7) *T V*, elevano le coste e sono perciò *congeneri* degli intercostali *esterni*.

I muscoli *sotto-costali*, non essendo che parte degli intercostali interni contribuiscono con questi ad *abbassare* le coste, e tanto più negli uccelli (*Fig.* 7) *R N*, nei quali sono fortissimi, ed occupano il luogo del muscolo triangolare dello sterno, che non esiste in questi animali, come già dicemmo.

Il muscolo *piccolo-dentato-inferiore* evidentemente *deprime* anch' esso le coste inferiori, ed è *antagonista diretto* degli intercostali esterni corrispondenti.

Il muscolo *triangolare dello sterno* (*Fig.* 1) *R I* evidentemente tende ad *incurvare* maggiormente la curva delle coste, e specialmente delle cartilagini, perchè *deprime* queste ultime, considerato *il centro di movimento nelle articolazioni sternali.* Per questa ultima circostanza il triangolare dello sterno è *antagonista diretto* dei muscoli intercostali interni, i quali *deprimono* le cartilagini e le coste, ma considerato per questi il centro di movimento *nelle articolazioni vertebrali* delle coste. Sicchè questo muscolo deprimendo la curva delle coste e delle cartilagini, e facendo così *incurvare maggiormente* questa curva, produce perciò lo stesso effetto che quello di una forza che

deprimesse d' avanti in dietro lo sterno contro la colonna vertebrale, cioè lo stesso effetto che può esercitare il muscolo gran pettorale sullo sterno. È perciò che negli uccelli, i cui muscoli pettorali sono fortissimi e meglio disposti che nell' uomo per produrre questo effetto, manca il muscolo triangolare dello sterno.

Si avverta bene la differenza che passa fra il modo di azione del muscolo triangolare dello sterno e quello contrario degli intercostali interni, i quali anch' essi *deprimono*, ma in altro modo, le cartilagini costali. Se si considera il centro di movimento di questi ultimi *nelle articolazioni sternali* come per il triangolare dello sterno, allora gli intercostali interni *non sono più depressori ma elevatori* delle cartilagini e delle coste, e perciò anche nei termini sono *antagonisti diretti* del triangolare dello sterno.

Sarebbe stato affatto indifferente in se stesso l' adoprare l' una o l' altra maniera di esprimersi a riguardo dei muscoli intercostali, o degli interni piuttosto che degli esterni; ma io ho preferito per ambedue i muscoli quella maniera che ho adoprato finora, avvertendo fin da principio e ripetendo che il centro di movimento delle coste, sì per gli uni che per gli altri muscoli intercostali, lo consideravo ordinariamente *nelle articolazioni posteriori delle coste, o vertebrali, o sulla colonna vertebrale*. Io ho preferito questa maniera di esprimermi per trovarmi meno discordante da ciò, che ne hanno detto finora gli altri Anatomici e Fisiologi, avendo avuto in mira più di chiarire la verità, che di ostentare una illusoria originalità. Non so se abbia pensato egualmente il nostro Dott. Marcacci, quando per degli *argomenti di filosofico confronto*, come egli asserisce nella sua Memoria (1), scoprì nelle coste « due distinti sistemi di movimento, uno

(1) Miscellanee cit. pag. 177.

« posteriore che chiama vertebrale, l'altro anteriore che « chiama sternale » (1). Ma questi due sistemi, che noi chiamiamo centri di movimento, già notati prima di lui dall' Hamberger, non resultano da altro che da due differenti maniere di vedere il *medesimo* movimento delle coste; sicchè questa scoperta del Dott. Marcacci mi pare della stessa forza di quella per la quale si è finalmente giunti a riconoscere, che dal Polo all' Equatore vi è la medesima distanza che dall' Equatore al Polo.

Poco importa adunque adoprare l'una o l'altra maniera di esprimersi; ma una volta che se ne ha adottata una, bisogna stare a quella fino in fondo, almeno per un medesimo muscolo; diversamente non ha alcuna significazione il dire che un dato muscolo intercostale *è elevatore* delle coste, se non si ha premesso od aggiunto che si considera il centro del suo movimento nelle articolazioni *sternali*, per esempio; poichè se si considera invece nelle articolazioni vertebrali, allora *quel medesimo muscolo* nell' eseguire il *medesimo movimento* non è più elevatore ma è *depressore*.

È difficile il riconoscere nei due scritti citati del Dott. Marcacci, se le inconseguenze in cui sembra essere egli caduto, dipendano dal non essere stato sempre fermo alle premesse da lui adottate, ovvero se non siano altro che pure contradizioni incorse per inavvertenza in una così complicata questione. Constatiamo a buon conto, che in qualche punto della sua Memoria citata parla di muscoli intercostali come *assolutamente depressori* delle coste « l'un « muscolo (intercostale esterno) *abbassa* la costa sovra- « posta, come l'altro (intercostale interno) *abbassa* « la cartilagine, e sono due muscoli *espiratori* ». Io prego a notare questa ultima conclusione, essendo l'uni-

(1) Miscellanee cit., ed Atti del Congresso Scientifico di Lucca 1844, pag. 390.

ca volta, se non erro, in cui il Dott. Marcacci ha parlato della destinazione dei muscoli intercostali nella funzione della respirazione; sicchè sarebbe a dimandarsi con quale scopo ha egli fatte tante esperienze, pubblicata la sua Memoria, e fattane una seconda edizione senza aggiunte e senza correzioni al Congresso di Lucca? In un altro luogo, ove egli distingue i due sistemi di movimento l'uno vertebrale l'altro sternale, sostiene che i muscoli intercostali « *esterni elevano* respettivamente le coste e le « cartilagini, gli *interni le abbassano* » (1).

Io farò dunque riflettere al Dott. Marcacci, che prima di tutto queste sue ultime parole contradicono le precedenti espresse in un modo assoluto, e che le medesime ultime espresse in un modo relativo ai due centri di movimento sono perciò appunto erronee; perchè deve sapere che allorquando si ammettono i due centri o sistemi respettivi di movimento da lui ammessi, cioè quello *vertebrale* relativo al muscolo intercostale *esterno*, e quello *sternale* relativo all'intercostale *interno*, allora tutti i muscoli intercostali esterni ed interni, interossei od intercartilaginei, come egli gli divide al pari di Hamberger, *sono tutti senza eccezione elevatori delle coste e delle cartilagini*, gli esterni relativamente al sistema o centro di movimento vertebrale, gli interni relativamente a quello sternale.

Del resto se malgrado le sue *esperienze galvaniche* sopra i muscoli intercostali, ed i suoi *filosofici confronti*, non andasse persuaso il Dott. Marcacci che un muscolo intercostale può *elevare* la costa *superiore*, od *abbassare* la costa *inferiore*, io non saprei che aggiungere a ciò che dimostrai, mentre sono egualmente convinto del contrario, non ostante che i suoi esperimenti abbiano luminosamente contribuito a dimostrarlo. Io convengo che per

(1) Miscellanee cit. pagg. 176, e 177.

chiunque altro, il quale non possieda almeno almeno i principii elementari della Geometria e della Meccanica, sia cosa, quella, da fare rivoltare il cervello, mentre in se stessa è la più semplice cosa del mondo.

D' altronde il Dott. Marcacci vorrà egli sostenere che ciò che può esser di vero nella sua passabilmente imbrogliata teoria, deriva dai fatti sperimentali da lui provocati, piuttosto che dal teorema di Hamberger? Ciò è di troppa importanza per gli interessi della Scienza, perchè io non debba tralasciare questa occasione onde mostrare sempre più la immensa superiorità che ha l' analisi geometrica in paragone degli esperimenti per simili questioni. Io sostengo perciò che il Dott. Marcacci non può avere osservato altro che dei fatti ambigui, incerti, ed alterati dagli esperimenti, come può rilevarsi dalle sue deduzioni contradittorie, come è accaduto a tutti gli esperimentatori suoi predecessori; fatti che si possono interpretare in tutte le maniere, come egli stesso lo dice con queste sue parole: « Frattanto questi fatti rendono « plausibile l' opinione di coloro che ammettono potere « un muscolo, per natura disposto ad inalzare le coste, « deprimerle e viceversa, secondo che il petto trovasi al « bisogno dell' uno o dell' altro movimento. Ma ciò deve « intendersi entro certi limiti » (1). Egli adunque converrà meco che questi fatti sperimentali sono di una sorprendente elasticità, e che quantunque dentro o fuor dei limiti, come più gli piace, possono ammirabilmente prestarsi ad accennare bianco o nero, *secondo che lo sperimentatore trovasi al bisogno dell' uno o dell' altro movimento*: e spero converrà ancora che invece che la natura faccia servire a sè modificando le leggi della meccanica, come credeva anche il Prof. C. B., è piuttosto lo

(1) Miscellanee cit. pag. 177.

sperimentatore che modifica la natura, cercando di farla servire, o bene o male, alle proprie dottrine.

Per far vedere poi al Dott. Marcacci tutta la implausibilità della opinione di coloro ai quali cerca appoggiarsi, oltre ad adoprare il riservativo che esprimono le sue ultime parole, io gli ricorderò ciò che ho detto più volte nella prima parte di questo scritto, cioè che *il modo di azione di un muscolo dipende esclusivamente dalle condizioni meccaniche nelle quali è costituito*, e non già dal bisogno, che possono avere il petto o lo sperimentatore, di uno o di altro movimento. Or dunque affinchè potesse cambiarsi il modo di azione di un muscolo, bisognerebbe che potesse cambiarsi almeno una delle sue diverse condizioni meccaniche: per esempio, crederebbe egli che un muscolo, per servire alla sua teoria, potesse staccarsi da un punto, ed andare ad attaccarsi ad un altro, presso a poco come farebbe una sanguisuga?

§. IV. *Modi di azione delle combinazioni possibili dei muscoli precedenti.*

È quasi un assioma, o lo è realmente che = due o più muscoli diversi, ma aventi qualche relazione di attacco, se si contraggono in tempi differenti producono dei movimenti affatto diversi da quello che essi produrrebbero contraendosi insieme = : ciò basta perchè noi dobbiamo ora determinare i movimenti che possono produrre i precedenti muscoli nelle loro possibili combinazioni.

Facendo centro di movimento nelle articolazioni vertebro-costali, i muscoli intercostali *esterni elevano* le coste, gli *interni* le *abbassano*; essi sono dunque *antagonisti*: noi lo abbiamo dimostrato.

Eccetto l' Hamberger ed i suoi partitanti, chiunque altro ha creduto, o riconosciuto tali muscoli come antagonisti, ha supposto, o che non potessero produrre che una

immobilità contraendosi *insieme*, o che si contraessero *in tempi differenti*. Vi è stato ancora chi, attenendosi ad un *juste milieu*, ha supposto che le loro azioni contrarie si *sottraessero* per modo che si avesse un *resto* di azione, il quale servisse soltanto mediocremente ad elevare od abbassare le coste. Io non ricordo tali opinioni se non che per servire alla storia degli errori della nostra Scienza.

Si sa dalla meccanica che un infinito numero di forze possono essere rappresentate da una sola o due forze, che diconsi *resultanti*.

La resultante di tutte le forze, o di tutte le fibre del muscolo intercostale *esterno* (*Figg.* 1, e 7) *E S* passa per il *terzo posteriore* delle coste: la resultante dell' intercostale *interno I N* passa per il *terzo anteriore*. Queste due forze *non coincidono* nel medesimo punto delle coste; perciò quantunque contrarie non si possono interamente distruggere, nè vi ha ragione per ammettere che esse agiscano in tempi differenti: quale è dunque l' effetto del loro contrasto nella supposizione che agiscano insieme?

Noi abbiamo veduto, discutendo i movimenti possibili, o dei quali sono suscettibili le coste, che sono necessarie due forze contrarie ed agenti in due punti differenti per aprire la curva delle medesime e propellere in avanti lo sterno, onde ampliare il torace nel diametro antero-posteriore: noi abbiamo trovato queste due forze contrarie; adunque il loro complessivo modo di azione si rivela patentemente per questo effetto già preveduto. E di fatto la resultante posteriore elevando le coste, la resultante anteriore abbassandole, resta ben chiaro che la loro curva deve *aprirsi*, e lo sterno deve esser *propulso* in avanti, come lo mostrano le due figure 3, e 9, da *D C* in *d c*, nell' uomo e negli uccelli. In oltre si vede come, l' elevamento quando sia compensato dallo abbassamento contemporaneo, lo sterno si conservi *allo stesso livello*.

Il cambiamento di forma della curva delle coste si de-

ve principalmente operare nella parte cartilaginea, essendo questa più cedevole; ma è facile il comprendere che lo sforzo di aprimento della curva (e ciò si avverta bene) *agisce maggiormente nel mezzo della costa*; e negli uccelli, laddove esiste l'angolo articolato della medesima, onde questo angolo più facilmente si apre. Noi vedremo se fra i fenomeni spontanei della respirazione si verifica che lo sterno si *propella in avanti*, e si conservi *allo stesso livello*; allora soltanto la *osservazione* mostrandoci questi due fenomeni spontanei, potremo esser certi, quantunque già si preveda, che ciò è la conseguenza del contrasto delle azioni simultanee e contrarie dei due muscoli intercostali.

Intanto io debbo dileguare alcune obiezioni che prevedo, e che da varii amici miei mi sono state già fatte. Ma prima di andare oltre la giustizia mi impone di far notare, che l'Hamberger aveva già dimostrato questo ingegnoso meccanismo delle coste e dei muscoli intercostali (1), del quale io rinnovai la dimostrazione nella *Società Medica* che sopra rammentammo, onde il Segretario della medesima, Dott. Marcacci, ne potè profittare di poi a guida dei suoi esperimenti e filosofici confronti, e per sapere come dovevano essere interpretati i suoi resultati sperimentali, dimenticando forse che l'Hamberger ne fu, prima di lui, lo scopritore.

Convenendosi in parte di quello che ho detto di sopra, mi si ha dunque obiettato che nel terzo medio degli spazii intercostali (*Fig.* 1) *O S N*, i due muscoli coincidendo, debbono necessariamente neutralizzarsi.

Prima di tutto dirò che anche questa parte dei due muscoli essendo stata contemplata nelle due resultanti respettive già accennate, perciò non si dovrebbe nè si potrebbe contemplare un' altra volta a parte in questo punto: nonostante consideriamola pure a parte, ed allora

(1) *Op. cit.* pag. 143.

in secondo luogo dirò che d'ora in avanti bisogna incominciare a convenire che la Madre Natura è un esimio Meccanico, e che tiene al rigore geometrico più di quello che non pensava il mio critico citato nella prima parte di questo scritto, il Prof. C. B., e più di quello che hanno supposto Beau e Maissiat. E di fatto, se la provvidente Natura non avesse in quel punto medio sovrapposti i due muscoli intercostali, la meccanica può dimostrare che per l'effetto di quelle due forze contrarie *le coste avrebbero potuto rompersi nel loro punto medio, o nell' intervallo dei due muscoli*, quale sarebbe resultato dal non essere sovrapposti.

Così se questi muscoli non fossero stati sovrapposti (si noti la singolare conseguenza) avrebbero potuto *accidentalmente realizzare nell' uomo la forma normale delle coste degli uccelli* (*Fig.* 7), nei quali, come si sa, le coste *AOD* sono troncate ed articolate *nell' intervallo* dei due intercostali. Dico nell' intervallo, non dovendosi considerare per la sua piccolezza il tenuissimo fascetto *O S* dell'intercostale interno, che sorpassando l' angolo articolato, contribuisce a rappresentare in rudimento la sovrapposizione dei due muscoli nell' uomo ed in molti altri animali.

Allorchè io ho detto, e dirò che in quelle o simili condizioni le coste tenderebbero a rompersi, io non ho inteso di esprimere con ciò altro che l'estremo effetto possibile: ma quando anche, per una non supponibile eccessiva resistenza delle coste, ciò non potesse mai avvenire, pure non è meno reale quella tendenza cui sarebbero sottoposte in simili condizioni. Onde facilmente si concepisce che quella tendenza costante e distruttiva, quando se ne realizzassero le condizioni in qualche caso morboso, come per la paralisi delle parti soprapposte dei due muscoli, non mancherebbe certamente di produrre col tempo una sensibilissima alterazione di forma delle coste; essendo queste parti viventi, e soggette perciò a dei continui materiali cambiamenti. Frattanto prima di spiegare il meccanismo per il

quale le due porzioni soprapposte *OSN* dei due muscoli intercostali prevengono la rottura delle coste, è necessario premettere alcune altre riflessioni sull'aprimento della loro curva.

Noi abbiamo veduto che la condizione per la quale i due muscoli intercostali possono aprire la curva delle coste, è che essi siano costituiti *in disequilibrio*, l'uno agendo più fortemente nella parte posteriore delle coste, l'altro in senso opposto nella parte anteriore. Se questi due muscoli fossero di egual volume e forza nei medesimi punti di tutto lo spazio intercostale, è chiaro che si *equilibrerebbero*, e così ridurrebbero le coste ad una completa immobilità, od al più, esse cedendo, quei muscoli tenderebbero soltanto ad *avvicinarle* fra loro.

Borelli non avendo notata la differenza che i muscoli intercostali presentano nella parte anteriore e posteriore degli spazii intercostali l'uno in confronto dell' altro, differenza che gli costituisce in condizione di disequilibrio, ed avendo invece creduto che la sovrapposizione delle loro fibre decussate si estendesse a tutto lo spazio intercostale, perciò giunse appunto a quella medesima conclusione: « *Dicendum est igitur quod omnes fibrae decussatae proximas costas colligantes, unicum effectum producunt, constrictionem nempe et mutuam approximationem costarum* ». Onde egli spiegò assai male, e l'elevamento delle coste, e l'aprimento della curva costale, e la propulsione in avanti dello sterno, ed in conseguenza l'aumento dei due diametri orizzontali del torace (1).

Hamberger spiegò molto meglio l'aprimento della curva delle coste, ma cadde in un eccesso opposto; poichè mentre Borelli, dietro le sue premesse, costituiva necessariamente le coste in una condizione di equilibrio, al contrario

(1) *De motu animalium*. Lugduni in Batavis, 1685. tom. II. Prop. 84. pag. 123. e Prop. 89 pag. 128.

Hamberger sopprimendo una porzione di uno dei due muscoli, come ora mostreremo, veniva a costituire le coste in una condizione di troppo disequilibrio; onde non poteva spiegare, nè vide mai, il meccanismo tutelare per le coste, che esercitano reciprocamente contro se stessi i due muscoli intercostali. Ma prima di inoltrarsi, noi dobbiamo succintamente esporre la teoria di questo fisiologo eminente.

Tre sorte di muscoli intercostali ammetteva Hamberger, poichè oltre il muscolo *intercostale esterno*, faceva dell'intercostale interno due muscoli, cioè l'*intercartilagineo* (*Figg.* 1 e 7.) *I N*, e l'*interosseo O S* (1). Ad ambedue queste porzioni egli attribuiva un egual modo di azione

(1) Il Dott. Marcacci, al quale bisogna riconoscere una singolare abilità nell'ampliare, augumentare, e fecondare sempre più i lavori degli altri, ha rincarato anche di più la distinzione di Hamberger circa a questi muscoli, quantunque non abbia mai avuta la degnazione di citarlo. Egli adunque per mezzo dei suoi *esperimenti galvanici*, e dei suoi *filosofici confronti* è riuscito a scoprire *quattro* muscoli intercostali in ogni spazio intercostale, cioè due interposti alle coste, che chiamerebbe *vertebro-costali*, distinguibili in esterno ed interno, altri due interposti alle cartilagini, o *sterno-cartilaginei*, da distinguersi essi pure in esterno ed interno: gli esterni eleverebbero le coste e le cartilagini, gli interni le abbasserebbero, dice egli nelle Miscellanee citate, pag. 177.

Ma prima di fare questi filosofici conti e confronti a favore di esperimenti galvanici, non sarebbe convenuto di incominciare piuttosto dalla pura e semplice indagine anatomica? Egli ha cominciato, è vero, così, e con scrupolosa ed attenta osservazione, come egli ci vuole assicurare, ma non pare che ne abbia gran cosa profittato. D'altronde, a che valgono tanti sottigliumi e minutezze anatomiche, quando si cofondono e si trascurano le condizioni essenziali, e se ne inventano poi al bisogno di quelle che non esistono?

Finalmente un quinto muscolo intercostale, o intercartilagineo, è stato da lui trovato nel coniglio presso lo sterno (op. cit. pag. 165). Io convengo che è più facile descrivere, che riconoscere, le parti analoghe dei diversi animali; perciò posso assicurare il Dott. Marcacci, che questo suo quinto musculo intercostale non è altro, nè più nè meno, che una porzione del muscolo triangolare dello sterno, *intercalata* nei prossimi spazii intercartilaginei.

(quantunque a tal proposito non si esprima esattamente, come vedremo), se non che egli credeva che queste due porzioni del medesimo muscolo si contraessero *in tempi differenti*. Il muscolo intercostale *esterno ES* (*Fig.* 1), e l'*intercartilagineo IN* contraendosi ambedue insieme (nella inspirazione), secondo Hamberger, *elevano* le coste e producono *la propulsione in avanti* dello sterno: la porzione *interossea OS*, contraendosi in un altro istante (nella espirazione) *deprime* la parte media delle coste, o la estremità anteriore della loro porzione ossea, e così tende a chiudere la loro curva, ec.

In questa spiegazione di Hamberger si trova, più che altrò, una specie di condiscendenza alle pretensioni dell'Haller, il quale voleva *assolutamente elevatori* tutti i muscoli intercostali. Di fatto l'Hamberger concedeva all'Haller che il muscolo intercostale interno, o *intercartilagineo IN*, *elevasse* le coste e le cartilagini; ma in questa concessione, o l'Hamberger considerava per questa porzione dell'intercostale interno il centro di movimento nella articolazione *sternale*, ed allora non concedeva all'Haller che una *parola* e non già un *fatto*; ovvero considerava il centro di movimento nella articolazione *vertebrale*; ma in questo caso non sarebbe stato conseguente nelle sue conclusioni, poichè in questa ipotesi questo muscolo è *abbassatore* e non già elevatore, onde non avrebbe potuto spiegare l'aprimento della curva costale, e la *propulsione in avanti* dello sterno, che egli per il primo ha geometricamente dimostrata.

D'altra parte la teoria di Hamberger, relativamente alla porzione *interossea OS* del muscolo intercostale, interno non ha alcun fondamento; poichè questo fondamento dovrebbe essere la certezza, mentre non è che una mera supposizione, che le due porzioni accennate, *intercartilaginea* ed *interossea* dell'intercostale interno, si contraggano in due tempi differenti. In oltre gli si può opporre,

1.° che, quantunque egli non si esprima esattamente o chiaramente, egli ammette implicitamente che queste due porzioni del medesimo muscolo hanno il *medesimo modo di azione*, cioè ambedue *deprimono* le coste e le cartilagini, considerato per ambedue il centro di movimento nelle articolazioni *vertebrali* delle coste: 2.° che queste due porzioni del medesimo muscolo non sono minimamente distinte in se stesse, poichè fanno passaggio dall'una all'altra immediatamente, ed hanno la medesima direzione, mentre d'altra parte nessuno degli Anatomici fin ora si è mai avvisato di considerare queste due porzioni come due muscoli differenti, eccettuato il Dott. Marcacci coi suoi quattro o cinque muscoli intercostali: 3.° finalmente mettendo a parte le precedenti considerazioni, veniamo al fatto in questione, cioè, se la porzione *interossea* dell' intercostale interno non si contraesse nello stesso tempo che si contraggono l'altra porzione *intercartilaginea* e l' intercostale *esterno*, la costa si romperebbe nel punto *N* (*Fig.* 1) che è il punto di separazione fra l' intercostale esterno e la porzione intercartilaginea dell' interno, che è il punto di congiunzione della cartilagine con la costa ossea, e che per conseguenza è il più debole e fragile punto di tutta la costa.

Frattanto noi dobbiamo spiegare il doppio giuoco che i due muscoli intercostali, contraendosi insieme, esercitano sopra le coste, per il quale essi tendono *ad aprirne* la curva, ed al tempo stesso *a salvarla* da una rottura. Per meglio comprendere questo doppio giuoco dei due muscoli intercostali, si supponga che una linea che passa verticalmente per il mezzo delle coste (*Fig.* 1) divida i due muscoli intercostali, giacchè è nel *mezzo* che le coste hanno maggior tendenza a rompersi. Ciascuno dei due muscoli resta allora diviso per quella linea verticale in due porzioni ineguali; l'una *maggiore*, l'altra *minore*. Le due *porzioni maggiori E S*, *I N* contraendosi insieme, è chiaro che producono l' *aprimento* della curva e che tendono a rom-

pere le coste nel mezzo. Ma le due porzioni minori *O N*, *O S*, appartenenti respettivamente alle due precedenti, contraendosi insieme tendono a produrre un *effetto opposto*, come vedremo. Ciò farebbe credere che fosse realmente vera la scoperta di *quattro muscoli intercostali*, fatta dal Dott. Marcacci, e quando ci si contentasse di pure apparenze sarebbe veramente così; se non che bisognerebbe allora modificare o correggere assai la sua dottrina, circa al modo di azione di queste quattro porzioni, o di questi pretesi quattro muscoli intercostali: ma riflettiamo più da senno, che quella divisione che abbiamo supposta con la linea verticale, è una divisione puramente arbitraria, avendola noi tracciata soltanto per semplicizzare il calcolo mentale, e non per altro motivo; poichè d'altronde, quantunque l'effetto complesso delle due porzioni minori sia, come vedremo, contrario a quello delle due maggiori, pure ciascuna delle due porzioni minori, presa individualmente, non cessa dall'avere il *medesimo modo di azione*, che ha la respettiva porzione maggiore cui appartiene.

Che le due porzioni minori debbano produrre sulle coste un effetto *opposto* a quello delle due maggiori, per riconoscerlo facilmente basta osservare che i due muscoli intercostali, sovrapponendosi nella parte media dello spazio intercostale, *si invertono*, di modo che l'*esterno O N* diventa *anteriore*, mentre l'interno *O S* diventa *posteriore*; per il che queste due porzioni minori debbono necessariamente produrre un effetto opposto a quello che producono le due porzioni maggiori le quali hanno una posizione affatto inversa.

Di fatto la porzione *minore O N*, come appartenente all'intercostale esterno *E S*, *eleva* le coste. La porzione *minore O S*, come appartenente all'intercostale interno *I N*, *abbassa* le coste: sicchè questa ultima porzione fa l'effetto di un *peso* che fosse applicato nel punto *S*, mentre la prima porzione *O N*, agisce traendo in alto il punto *N*. Adunque per queste due forze contrarie è chiaro che la curva *S N*

della costa inferiore deve piegarsi o *incurvarsi* maggiormente; egualmente che la costa superiore deve maggiormente incurvarsi nel punto *O*.

La efficienza complessa adunque delle due porzioni *minori O N*, *O S* tende *a chiudere* la curva delle coste, mentre quella delle due porzioni *maggiori E S*, *I N* tende *ad aprirla*; perciò le due porzioni minori sono *antagoniste dirette* alle altre due maggiori nel *mezzo* delle coste, come noi volevamo dimostrare. Osserviamo inoltre che l' antagonismo delle due porzioni minori fra loro è *indiretto*, affinchè possano chiudere la curva, come è indiretto l'antagonismo delle due porzioni maggiori fra loro, affinchè possano aprirla.

È nel punto medio delle coste, come abbiamo detto, che *il maggiore sforzo per aprire* la curva è esercitato dalle due porzioni maggiori, mentre va gradatamente diminuendo nei punti più lontani da questo. Ma è ancora nel medesimo punto medio delle coste, che le porzioni minori esercitano il *maggiore sforzo per chiudere* la curva, mentre anche esso va gradatamente diminuendo nei punti più lontani da questo. Adunque lo sforzo di esperimento, che tende ancora a *rompere* la costa, viene sostenuto nel medesimo punto, con una *efficenza minore ma proporzionale*, dallo sforzo opposto delle due porzioni minori, le quali, come è chiaro, prevengono per tal modo la rottura.

E qui si vede un ben singolare contrasto di quattro forze, le quali, prodotte da due soli muscoli per la inversione che questi adottano nel mezzo dello spazio intercostale, moderano reciprocamente il loro effetto, di modo che *lo sforzo collettivo delle due porzioni maggiori viene sostenuto nel punto medio delle coste dallo sforzo collettivo delle due porzioni minori, e repartito in molti e diversi punti delle coste.*

Questo giuoco avendo adunque lo scopo di prevenire la rottura delle coste, e di estendere e repartire in molti punti lo sforzo che apre la curva costale, perciò le due

porzioni minori dei muscoli intercostali, che repartano lo sforzo delle maggiori, saranno tanto più estese, quanto più la costa sia in condizioni per rompersi facilmente, o siavi la necessità di aprirne maggiormente la curva. Nell' uomo l' aprimento maggiore della curva, quantunqne si operi nella parte anteriore, perchè essendo cartilaginea è più cedevole ed eminentemente elastica, pure le due porzioni minori occupano il terzo medio delle coste, perchè è nel mezzo e nei punti circonvicini che si esercita il maggiore sforzo atto a romperle. Negli uccelli ed in alcuni rettili saurioni le coste essendo normalmente troncate, perciò non si trova che un rudimento delle porzioni minori, il quale pure ha per scopo di sostenere l'angolo che ne resulta, onde mantenere in una dipendenza solidaria le coste assai vacillanti di questi animali. Finalmente in molti mammiferi le coste essendo sproporzionatamente lunghe, sottili e molto incurvate, perciò le porzioni minori dei due muscoli intercostali sono molto più estese che nell' uomo, onde sia repartito *a molti più punti lo sforzo* di aprimento della curva costale. Ma si comprende facilmente che le due porzioni minori quando anche si estendono tanto da costituire con le due maggiori un doppio strato muscolare in tutta la estensione degli spazii intercostali, pure debbono offerire qualche differenza se non nella estensione almeno nel volume delle due porzioni maggiori, diversamente se fossero eguali, come non negava Borelli, e Marcacci coi suoi quattro muscoli intercostali, le due prime equilibrerebbero le due altre, ed allora si avrebbe una *completa immobilità.*

Finalmente osserveremo che lo sforzo di aprimento che esercitano le due porzioni *maggiori* lotta contro due forze di natura affatto diversa, cioè contro *la resistenza passiva* propria della rigidità delle coste, e contro *la resistenza attiva* esercitata dalle due porzioni *minori.* Non vi era che questo mezzo *per proporzionare la resistenza al-*

lo sforzo di aprimento della curva costale, poichè la sola resistenza passiva delle coste per un dato grado di aprimento essendo *costante*, non avrebbe potuto proporzionarsi alla forza che produce l'aprimento della curva costale.

Nella prima parte di questo scritto noi mostrammo come gli *esperimenti*, per questioni simili alla presente, *sono inutili ed illusorii*; ora si vede come sono ancora *assolutamente impotenti* a mostrare le *ragioni* di un movimento: poichè allorquando questo è il prodotto di più forze, queste forze vi si confondono e vi perdono la loro individualità, nello stesso modo che i *fattori di un numero si confondono tutti nel loro prodotto*, onde è impossibile risalire da un movimento alle sue ragioni, come è impossibile risalire da quel numero a quei particolari fattori che in un caso speciale lo hanno prodotto.

Frattanto le interpretazioni particolari, alle quali ci siamo finora adoprati, sembreranno a taluno delle pure e semplici asserzioni gratuite: per essere convinti che sono invece rigorose deduzioni logicamente e geometricamente inrecusabili bisogna avere qualche nozione di geometria e di meccanica, poichè senza di questo soccorso, nessuno, per quanto possa essere ingegnoso ed abile esperimentatore, può avere sufficiente competenza per discutere tali questioni. Quanto poi possano essere efficaci e feconde quelle nozioni le più elementari, basta per concepirlo il considerare che esaminando col soccorso delle medesime un qualunque meccanismo, anche del corpo umano, non solo si può discuoprire la destinazione di tutte le sue parti ed il loro giuoco, ma si può giungere ancora, dirò così, a vedere in queste parti e nell'insieme *il pensiero dell'artefice* che lo ha costruito, e ciò ancora *che sarebbe avvenuto*, se egli avesse prescelta un'altra costruzione.

Poco mi resta a dire delle combinazioni possibili degli altri muscoli.

(*Sarà continuata*)

Cenno di alcuni studi sul latte

fatti da Fr. Selmi.

In questo scritto mi terrò stretto ad una rapida esposizione, chiara per quanto da me si potrà rendere, degli esperimenti che instituii nell' inverno trascorso sul latte, affine di conoscere la vera causa onde si rappiglia per l' influenza del presame. L' opinione che attualmente vige presso i chimici, dopo le cose pubblicate dallo Scherer, dal Rochleder e da altri, adottata e promulgata eziandio dal celebre Liebig è la seguente: che il presame coauguli il latte, perchè agendo sulla lattina la trasforma in acido lattico, il quale impadronendosi dell' alcali libero che nel latte mantiene sciolta la caseina, guasta così il caseato alcalino solubile, e costringe la sostanza proteifera a precipitare nello stato d' insolubilità.

1.º Tale opinione non è stata riconfermata dalle mie esperienze; poichè sono giunto a coagulare il latte munto di fresco e decisamente alcalino con buona infusione neutra di presame, senza che il siero ed il coagulo avessero perduta la reazione alcalina; ottenendo il rapprendimento in pari modo anche col latte reso alcalino a bella posta per mezzo del carbonato di soda, spingendo l' alcalinamento fino al punto da raccogliere un coagulo caseico ridissolubile nell' acqua pura per l' effetto della soda rimastagli aderente. Ma a meglio convincere che la coagulazione non proviene, nè dalla formazione dell' acido lattico, nè dall' inacidimento del latte, precipitai porzioni diverse di questo liquido, cogli acidi tartarico, acetico, ossalico, cloridrico allungati; ridisciolsi i singoli precipitati mediante un esuberanza dell' acido adoperato, e poscia, tentai la loro coagulazione, che ottenni, servendomi tanto dell' infusione di presame, quanto di pezzetti della membrana dello stomaco di vitello. Dubitando che la presenza dei sali calcari esistenti nel presame quantunque disciolti

dagli acidi liberi, potessero indurre in errore col produrre un falso coagulo, istituii indagini comparative, dalle quali fu dileguato qualsivoglia dubbio.

La caseina sciolta sola negli acidi sunnominati resiste di più al potere coagulatore del presame che non faccia il latte ridisciolto dagli acidi stessi, onde si vede che le materie commiste seco lei nel latte, coadiuvano per la presenza loro l' azione coagulatrice, ovvero che sciolta separatamente assume attitudini alquanto diverse da quelle che possiede quando trovasi nel latte.

2.° Ho riconosciuto che il presame eccita ben presto un moto di fermentazione nella caseina. Unito al siero di latte, vi produce un sollecito inacidimento che rapido fino ad un dato punto cresce, e poscia diminuisce nel suo generarsi, sebbene una porzione solo della lattina sia trasformata; il siero solo posto in eguali circostanze s' acidifica a gradi crescendo meno rapidamente, ma sempre aumentando fino al punto che raggiunga la forza acida del siero misto a presame. Se si pone a confronto dei due vasi contenenti i due sieri, un terzo vaso con soluzione acquosa di lattina associata ad energica infusione di presame, si nota che mentre i primi si caricano in copia dell' acido lattico, il terzo liquido s' inacidisce appena, sebbene si adoperi presame molto energico. Da ciò e da altri fatti fui guidato a concludere: che l' azione, del presame si esercita sulle materie solfo-azotate, pel cui intermedio si metamorfosa la lattina, e che il presame puro, se trasforma alcun poco la lattina unitagli, ciò forse effettua per la presenza delle sostanze estranee azotate alle quali va naturalmente mescolato. Non si creda poi, che il rallentarsi l' inacidimento del primo siero misto a presame derivi da mancanza di lattina già metamorfosata, poichè il risultamento riesce identico quando si pone in opera siero a cui artificialmente sia stato associato certa dose di lattina.

3.° Il presame fa conoscere d' essere atto a riprodursi

col mezzo delle sostanze azotate, quando sia seco loro unito con un principio che mantenga la fermentazione lontana dell'infracidimento. Di fatto mescolando infusione di presame, e siero di latte, infusione di presame e soluzione di caseina o d'albumina con zucchero di latte, infusione di presame e soluzione dello zucchero di latte solo, si hanno liquidi coagulatori, dopo alcuni giorni, nei quali la virtù rappigliatrice appare superiore nel primo, e nel secondo assai più che nel terzo. Se manca la lattina e si abbia il presame colla caseina sciolta o l'albumina, queste rimangono ben presto tradotte a putrefazione, e l'efficacia del presame diminuisce di pari passo con celerità.

4.° Ma il latte puro, scevro da presame può tramutarsi in presame se venga collocato in istufa o previamente sia stato salato; il medesimo latte non salato non da luogo a produzione del principio rappigliatore. Le soluzioni di caseina e d'albumina, pure, collo scomporsi o guastarsi divengono atte a coagulare il latte come si fossero presame, abbenchè agiscano in ciò debolmente.

5.° La virtù coagulante del presame opera a freddo sul lalte come fa a caldo, tranne della differenza che esige parecchi giorni di tempo per dare compimanto al fenomeno. In capo di tre giorni in cui la temperie non sorpassò i + 3° R., coagulai del latte, con formazione di grumi caseici e di siero limpido in quella guisa che si hanno lavorando a caldo. La coagulazione a freddo si ottiene col latte alcalinulato, senza che questo perda la reazione tramutatrice sulla carta rossa del tornasole, fatto che riconferma quanto fu raccontato in sul principio.

6.° I sali a base alcalina, ossia il nitro, il solfato potassico, il solfato sodico, gli acetati delle stesse basi, il tartarato potassico neutro, il solfato bibasico di soda ritardano notabilmente, qual più qual meno, la coagulazione del latte operata col mezzo del presame. Il nitro ed i due solfati alcalini, se in dose discreta, impediscono to-

talmente la coagulazione, non senza qualche differenza di azione poichè il solfato sodico altera le qualità della caseina e la rende non più precipitabile coll'acido acetico, mentre gli altri due sali non ingenerano tale alterazione. Il tartrato potassico in leggier dose lascia produrre un debol coagulo; a proporzione maggiore impedisce il rappigliamento ordinario, mentre il liquido acquista vischiosità.

7.° Egli è quindi a notarsi che il fosfato bibasico di soda, abbenchè adoprato in buona quantità non s' oppone totalmente alla coagulazione del latte col presame, mentre in tenuissima porzione impedisce alla caseina sola, seco lui disciolta, di costiparsi sotto l' influenza del principio rapprenditore. Ciò coincide col fatto conosciuto che la caseina sola col carbonato sodico riesce non rappigliabile.

8.° Gli acidi minerali ed organici aggiunti al latte in dose tale che questo non si rappigli dai medesimi soltanto a + 50° R., sollecitano la coagulazione col presame; l' attività col coagularsi è tale che il fenomeno può effettuarsi a freddo in una a due ore, ed a caldo in brevi minuti. Non tutti gli acidi adoprati in dosi equivalenti hanno eguale potere eccitatore del rappigliamento; l'acido lattico riesce il più energico di tutti, poscia seguono per ordine l' acetico, il nitrico, il cloridrico, il solforico, il citrico ec. Anche questo fatto dimostra che la coagulazione è indipendente dalla saturazione dell' alcali libero proprio al latte, giacchè la forza promovitrice della coagulazione, insita negli acidi, seconderebbe la loro affinità per le basi, e primo serebbe l' acido solforico, poi il cloridrico ec., ed ultimi l' acidi lattico ed acetico.

Allorquando a due eguali proporzioni dello stesso latte si sopraversa in una tanto d' acido che basti a trasfonderle la reazione acidula decisa, nell' altra il doppio di quantità, aggiungendo ad ambedue il presame, si nota che la coagulazione a caldo, si compie in ambedue senza grande diversità di tempo ed alle volte nel medesimo punto:

ciò dimostra che gli acidi non coadiuvano il rappigliamento in modo proporzionale alle loro quantità.

9.° Ma le osservazioni più curiose furono quelle che diressi ad investigare l' azione degli acidi da soli nel provocare a freddo il congrumarsi della caseina nel latte.

Io prego chi leggerà questo mio scritto a concedermi speciale attenzione per il presente paragrafo.

Volli conoscere in qual maniera gli acidi si comportino colla caseina nel rappigliarla da soli a freddo, e perciò preparai soluzioni dilute dei medesimi, composte in guisa che ad egual volume, ciascuna soluzione, contenesse un equivalente dell' acido. Cimentando poscia cogli acidi suddetti il latte trovai che il cloridrico ed il nitrico agirono con parità di forze; l' acido citrico s' allontanò alquanto; l' acetico mostrò una meravigliosa diversità, poichè fù necessario adoprarne tre volte tanto degli altri acidi, per ottenere l' effetto desiderato. Ciò accadde col latte recente.

Col latte maturo le differenze cominciarono a diminuire notabilmente, di guisa che bastavano 2 equivalenti ed anche 1 $^1/_2$ d' acido acetico a produrre la congrumazione; col latte maturo assai, sparve ogni diversità e l' acido acetico spiegò tanta virtù coagulatrice quanta ne possedevano gli altri acidi. Così era a cercare per qual ragione avvenissero tali fenomeni, perchè la maturità del latte eccitasse le deboli forze dell' acido acetico al punto da renderlo eguale agli acidi i più energici. Dopo lunghe e pazienti indagini fatte sul latte perfettamente neutro, sul latte inacidito artificialmente, sul latte misto a presame disciolto, e poscia cimentato coll' acido acetico, ebbi ad accorgermi e ad assicurarmi, che gli acidi in genere posseggono due diversi periodi d' azione sulla caseina del latte; nel primo dei quali sembra, sono per dire, che la predispongano a raggrumarsi, mentre nel secondo, predispostala, ne effettuano la coagulazione. Nel primo periodo, che io chiamo *preparatorio*, operano con forze dissimili, nel secondo, che io nomino *completorio*, agiscono

con eguale energia. Difatto se aggiungasi tanto d' acido solforico, lattico e cloridrico a latte recente od anche mezzo maturo, per ridurlo ai termini del periodo preparatorio, vedesi l' acido acetico compiere il secondo periodo con quella forza onde si comporterebbe uno dei tre acidi sovrindicati. Ora si può spiegare chiaramente il perchè nel latte maturo l' acido acetico si mostri vigoroso: il latte nel mutarsi si carica di acido lattico e a tal grado che il periodo preparatorio rimane compiuto, laonde quando si assaggia coll' acido acetico, questi agisce con energia a somiglianza di qualsivoglia altro acido.

L' infusione di presame, può sottentrare agli acidi nel compiere l' uno o l' altro dei due periodi, nel che adopra con forze sempre uniformi. Perciò si hanno risultamenti diversi con quantità eguali di latte, d' acido, ed infusione di presame, a seconda che si aggiugne al latte l' acido od il presame in precedenza: acidificando prima il latte non basta più quella dose di presame a compiere la coagulazione che valse nel caso in cui si aggiungesse primo il presame sul latte, ed in appresso l' acido. La ragione è manifesta, giacchè l' acido posto in antecedenza soddisfacendo al periodo preparatorio svolge un potere minore di quello che manifesti, allorquando stillato in seguito del presame, trova il detto periodo già terminato, e non gli resta che a compiere il completorio.

10.° I sali a base alcalina, alla temperatura in cui il latte bolle, lo coagulano, ma l' azione loro torna più vigorosa del doppio nel caso in cui gli si mescolino a freddo, avanti lo scaldamento, di quello che unendoli nell'atto in cui comincia a bollire. Lo zucchero invece opera in modo precisamente inverso dei sali a base alcalina.

11.° Durante il rappigliamento del latte non si ha nè sviluppo di calorico, nè variazione nel volume della massa.

12.° Il latte intorpidisce singolarmente l' azione degli acidi e degli alcali fra loro, o sulle carte colorate. La curcuma non comincia a far palase gli alcali nel latte se

non quando questi vi si trovino in copia; la carta rossa di tornasole corrisponde assai più squisitamente.

13.° La caseina si discioglie nei sali a base alcalina, con facilità, dalle quali soluzioni riesce sempre separabile col mezzo dell' acido acetico. I liquidi salini molto concentrati ne sciolgono meno dei medesimi liquidi allungati, di guisa che con certi sali ho coagulata a freddo la caseina sciolta in un liquido salino diluto, con aggiungervi semplicemente o nuova dose di sale, ovvero un volume di soluzione concentratissima del sale medesimo. Scaldando tali soluzioni caseiche, la coagulazione comincia a + 30° R., ed alle volte ad un grado anche inferiore, e si compie a + 60°. Lasciando il liquido salino unito alla sostanza coagulata questa a poco a poco vi si discioglie.

14.° Il latte abbandonato in vasi metallici intacca i metalli, e ne scioglie parecchi in abbondanza. Intacca pure il solfo e provoca un notabile svolgimento d' idrogeno solforato, fenomeno che ho osservato ripetersi in tutte le sostanze organiche azotate, miste al solfo, quando cominciano ad alterarsi. Le sostanze organiche non azotate sono inette a promuovere la formazione dell' idrogeno solforato col solfo.

Mi riserbo a trattare più diffusamente intorno a tutte le cose riferite nel lavoro che sto per pubblicare sul latte, ove mi farò a discutere eziandio la parte teorica ed a dedurne quelle applicazioni pratiche al caseifico che paionmi derivare dalle osservazioni da me istituite.

Sopra una impressione manifestatasi sulla tavoletta di un quadro

Lettera al Prof. LUIGI PACINOTTI.

Prof. Carissimo

Dopo gli esperimenti e le ricerche che insieme e col Sig. Luigi Ridolfi facemmo intorno ai fenomeni così detti pel Moser, io non avrei creduto, adesso che son già scorsi

tre anni, tornare ad occuparmi di un soggetto se non perfettamente identico molto analogo a quello; ma a ciò mi richiama il desiderio di renderle conto di un fatto da me casualmente osservato in questi giorni, il quale se non altro per la singolarità sua mi sembra meritare un certo interesse.

Eccole, Prof. carissimo il ragguaglio preciso di questo fenomeno.

Ad una parete di una stanza stava appeso un quadretto, contenente un disegno a matita sulla carta, rinchiuso, come suol farsi ordinariamente fra un cristallo da un lato e una tavoletta dall' altro. Il disegno era di quelli che diconsi a campo chiuso, cioè una linea limitava la parte disegnata dal resto della carta. La tavoletta era di abeto, alta 3 millimetri circa non ben levigata da alcuna parte, ma un poco più peraltro da quella a contatto col muro. Staccato per caso questo quadretto dalla parete cui era appeso, subito a colpo d' occhio tant' era evidente il fenomeno, vidi sulla superficie della tavoletta che stava a contatto col muro una immagine precisa del contorno esterno di quel disegno, vidi cioè distintissimo il limite della superficie disegnata, essendo la parte corrispondente al disegno più chiara di quella corrispondente al campo bianco della carta. Non scorgevasi poi sulla tavola alcun segno che rappresentasse ciò che era delineato nella carta, ma in tal proposito deve osservarsi che nel disegno esistevano molte gradazioni di colore, ma dei punti assolutamente bianchi non ve ne erano, ed in sostanza uno strato, dirò così, più o meno alto di metita ricopriva tutta quella superficie. La diversità di colore e la esattezza del contorno fra l' area di tavola corrispondente al campo affatto bianco, e quella che corrispondeva alla estensione nera o bigia occupata dal disegno erano invece di tale evidenza, da fare impressione, come ho detto, a prima vista. Sorpreso da questo fenomeno, la prima cosa che io feci come era naturale, fu quella di osservare, se in altri quadri simili si vedeva una immagine di questo genere,

ma per quanti ne guardassi nessuno ne presentava il minimo segno. Questa circostanza, e, cosa ancora più sorprendente, il non vedere alcuna immagine sulla superficie, interna di quella tavoletta cioè su quella a contatto colla carta, mi fece tosto abbandonare una idea che la prima mi era venuta in mente per la spiegazione del fenomeno, che cioè fosse questo cagionato dalla azione diretta della luce esercitata diversamente attraverso i vari punti della carta, giacchè come è ben noto la maggior parte se non tutti i legni divengono più scuri, quanto più si trovano esposti alla influenza della luce. Cominciai allora a cercare se a produrre il fenomeno in questo caso, potevano aver concorso circostanze speciali, e non tardai infatti ad accorgermi della esistenza di una, la presenza della quale era sicuramente indispensabile a renderlo manifesto. Nel punto della parete, ove stava appeso il quadretto, pochi giorni prima che mi venisse fatta questa osservazione, per dei guasti accaduti al tetto si era infiltrata dell'acqua. Pareva quindi indubitato che la produzione della immagine sulla tavoletta dovesse attribuirsi alla presenza della umidità, la quale avesse differentemente agito in corrispondenza alla superficie bianca o disegnata della carta. Ma se è facile e certo il concludere che la umidità abbia agito differentemente nelle varie parti della tavola, o sia stata differentemente assorbita nelle varie parti del legno, non è a parer mio egualmente facile il rintracciare le cause che hanno dato alla tavoletta l' attitudine a subire questa modificazione. Potrebbe credersi da taluno che il diverso grado di scabrosità della carta, il suo diverso colore, la materia diversa che componeva la sua superficie nei punti disegnati ed in quelli che non lo erano, avessero dovuto rendere differente l' energia della evaporazione in questi diversi punti, e così mantenere diversamente umide le corrispondenti porzioni della tavola. Ma oltrechè sarebbe difficile immaginare che una azione simile facesse risentire la sua efficacia solamente alla superficie posteriore della tavola, oltrechè le diversità sum-

mentovate condurrebbero alcune ad ammettere maggiore evaporazione nei punti scuri altre nei punti bianchi, il fatto dimostra che la immagine non si deve ad una diversa quantità di acqua che sia nel legno, poichè il prosciugamento, come ho avuto luogo di verificare, non è capace a farla sparire. Ad altre cagioni bisogna adunque rivolgersi per tentare di spiegare il fenomeno. È certo che da che esiste quel quadretto (e non è meno di 20 anni) fra la superficie bianca del campo e quella scura del disegno deve essere accaduto un diverso assorbimento d'imponderabili, e per conseguenza anche la tavoletta deve aver sentito una azione differente secondo che i raggi di questi stessi imponderabili vi sono diversamente penetrati. E fra gli imponderabili che devono avere esercitato una simile influenza, più che il calorico, io credo possa essere stata la luce e specialmente i raggi chimici, essendo difficile che il raggio calorifico che era sul limite abbia potuto traversare tanto legno senza porsi in equilibrio coi punti vicini, tanto al meno da produrre una grande sfumatura. La qual circostanza sembrami pure escludere la supposizione che forse potrebbe farsi di attribuire il fenomeno alla influenza diretta e immediata del calore sulla quantità d'acqua assorbita nei diversi punti della tavola. Sembrami pertanto ragionevole il supporre che una azione lenta e continuata di quegli imponderabili possa aver modificato la sostanza del legno, dandole una attitudine ad alterarsi diversamente quando vi è giunto in contatto il vapore aqueo, unite al quale non è impossibile che vi fossero se non disciolte, sospese alcune tenuissime molecole della calce dello intonaco.

La mancanza poi della immagine nella superficie interna della tavola, quantunque in essa, come anche in tutti gli strati del legno debba essersi fatta sentire l'azione degli imponderabili è una parte del fatto la di cui spiegazione mi sembra ancor più difficile, ma forse potrebbe dipendere dal non essersi fatta risentire abbastanza

al di là della superficie esterna l'azione della umidità, la di cui presenza ha permesso che si compia l'alterazione chimica e molecolare già preparata dalli imponderabili sulla tavola e che ha fatto mutar di colore a quelle molecole. Volendo confrontare questo fenomeno con uno dipendente da azioni chimiche, quello del Daguerrotipo, bisognerebbe dire, che come in questo l'azione del mercurio sopra una superficie impressionata dai raggi lucidi rende manifeste le alterazioni dello joduro d'argento, così in questo caso la presenza della umidità ha reso evidenti le modificazioni subite da una sostanza sulla quale da molto tempo avevano esercitata una azione alcuni imponderabili.

Io non le taccio che per convincermi della ragionevolezza di questa ipotesi non ho mancato di tentare alcune esperienze, ma per dire la verità nessuna finora ha corrisposto alla mia aspettativa. Ho collocato nel punto della parete, ove era quel quadretto altri quadri simili; ho esposto al vapor d'acqua la superficie interna di quella tavoletta, vi ho pure esposto alcuni degli strati intermedii messi appositamente allo scoperto, ma in nessuno di questi casi ho veduto prodursi il minimo segno. Ma ciò non mi sembra strano perchè in questo genere di esperimenti è estremamente difficile di mettersi nelle circostanze precise che hanno concorso a produrre il fenomeno che vorrebbe ripetersi; e specialmente quando questo osservato casualmente non ci è noto in tutte quelle minute particolarità che pure possono avere molto potere su degli agenti di una natura, come gli imponderabili. Forse anche più d'ogni altra cosa è necessaria quella azione lenta e continuata del tempo la quale non può ottenersi a piacimento con una esperienza. Però ho intenzione di seguitarne lo studio.

Per render poi più completa che si può la storia di questo fatto, mi rimane da rammentarle quello che assieme osservammo sulla tavoletta in discorso, quella striscia io voglio dire di colore più chiaro del rimanente che si vede sulla solita superficie e che ne occupa due lati con

larghezza uniforme. Questa striscia la di cui larghezza corrisponde a quella porzione di tavola che a quadro montato era coperta dal battente della cornice, dipende adunque dalla istessa causa dell'altra immagine di che le ho parlato, mentre qui il battente della cornice ha fatto l'ufficio che là aveva fatto il disegno.

Ella Prof. carissimo, potrà meglio di me giudicare come sia giusta la ipotesi con cui ho cercato di spiegare il fenomeno. Intorno al quale io ho voluto trattenerla un momento e per la singolarità del medesimo, come ho detto in principio, e per una certa somiglianza con quel genere di ricerche delle quali ci occupammo insieme altra volta.

Poi in qualunque circostanza mi è grato rammentarmi alla amicizia sua.

Pisa 5 Novembre 1846.

Affezionatissimo
RINALDO RUSCHI.

Ricerche sperimentali chimico-fisiologiche sulle uova e sui pulcini

all' oggetto di determinare la quantità e qualità delle materie che si consumano, e i cambiamenti che soffrono durante la evoluzione del nuovo arganismo, come anche nei primi giorni di vita, sotto l' influenza pure di regime diverso,

del Dott. CAPEZZUOLI

Ajuto alla Cattedra di Chimica in Firenze.

La benigna accoglienza, della quale degnaste quel *Saggio* di ricerche chimiche sulle uova di gallina, e sui pulcini, ch' io presentava or sono tre anni al Congresso scientifico di Lucca, mi animò a dare un' estensione maggiore, e una direzione più svariata a questo lavoro, il quale avendo io potuto finalmente condurre al suo ter-

mine, mi affretto a comunicarvalo, nella lusinga che non lo troviate sprovvisto d' un qualche interesse fisiologico. I resultati delle analisi, e delle osservazioni da me istituite su questo soggetto, mi è piaciuto offrirveli in due Tavole sinottiche, che pongo sotto i vostri occhi, e dalle quali mi limito per ora a trarre alcune conclusioni delle più rilevanti.

La prima Tavola comprende l' analisi di dodici uova, diverse tra loro sotto tutti i rapporti, diretta e condotta per modo da separare, e determinare in peso le materie principali, che compongono il contenuto di ciascun uovo; distinguendole in *materie grasse*, estratte per mezzo dell' etere e dell' alcool bollente: *materie albuminoidi*, residue a questo trattamento, o lasciate indisciolte da questi solventi: *acqua*, determinata col sottrarre dal peso intiero dell' uovo i pesi parziali del guscio, delle materie grasse, e delle albuminoidi.

Dalle cifre diverse ricavate per l' analisi di queste dodici uova, ed esprimenti il peso di queste diverse materie, ho tratta la media proporzionale respettiva, esprimente in genere quanto di materie grasse, quanto di materie albuminoidi, e quanto di acqua, si trovi contenuto in un uovo. E dal confronto di queste medie tra loro si rileva frattanto, che le materie grasse ad esempio vi figurano per una cifra molto ragguardevole, e che stanno alle albuminoidi come 3 a 4. Per esse si compirebbero degli uffici, non ben compresi per anche, ma molto interessanti nella formazione del nuovo organismo, com' io esposi altra volta coll' appoggio di alcuni fatti; e per esse le uova considerate come alimento sarebbero nel vero senso chimico ingrassanti per eccellenza.

La seconda Tavola comprende le analisi, e le osservazioni fatte sopra quattordici pulcini, dei quali alcuni raccolti a diverso grado di sviluppo durante l' incubazione, altri già usciti dal guscio, e vissuti più o meno tempo digiuni, dissetati soltanto con semplice acqua, o nutriti con sola fecula, o con solo zucchero, o coll' alimento or-

dinario. Le uova che han dato questi pulcini erano fra loro diverse sotto gli stessi rapporti delle precedenti. Le analisi eseguite sui pulcini ottenuti sono state dirette e condotte nel modo stesso e coll' intendimento medesimo delle analisi precedenti a separare cioè e determinare quanto di materie grasse, e quanto di materie albuminoidi (o residue al trattamento dell' etere e dell' acool) si contenesse in ciascuno di loro; non senza tener conto e del grado di calore offerto al momento dell' uccisione, e della quantità e qualità degli escrementi dati in tempo di vita, e della comparsa e verificazione dell' acido urico nell' allantoide in tempo dell' incubazione.

Ora dal confronto della cifra esprimente il peso delle materie grasse, e di quella esprimente il peso delle albuminoidi, ottenuta dall' analisi istituita su ciascun pulcino, dal confronto, dico, di queste cifre colle respettive medie stabilite sull' analisi di dodici uova, è facile rilevare e stabilire quanto ciascun pulcino ha perduto, quanto ha consumato di materie grasse, e quanto di materie albuminoidi. La perdita dell' acqua è stata determinata soltanto durante l' incubazione, per la differenza notata nel peso totale di alcune uova avanti e dopo l' incubazione medesima.

Di tal maniera a me sembra aver osservato in questo lavoro tutte le condizioni richieste da esperienze comparative siffatte per dare il maggior valore possibile alle deduzioni che se ne vogliono trarre. Sono in numero di dodici le uova analizzate, e sono diverse tra loro sotto tutti i rapporti. Cosicchè le medie ricavatene hanno il valore richiesto per esprimere in genere quanto di quelle tali materie si contenga in un uovo. Simili ad esse sono le uova, che per l' incubazione ci han somministrato i pulcini; uguali i processi, uguali le cautele per estricare, separare, determinare in peso quelle stesse materie. Cosicchè ove il peso di quelle ottenute dai pulcini si allontani sensibilmente dalle respettive medie fissate, si potrà ragionevolmente concludere che il cambiamento notato, la

variazione avvenuta, deriva dal processo di evoluzione e di vita del nuovo organismo.

E le deduzioni le più rilevanti che se ne possono trarre, anche a colpo d'occhio, sono, a mio avviso, le appresso:

1.° Perdurante l'incubazione, e la vita del pulcino gia uscito dal guscio, sotto qualunque regime si trovi, avviene in genere una diminuzione non tanto dei materiali grassi, quanto ancora degli albuminoidi, che erano contenuti nell'uovo.

2.° Questa diminuzione è ben poco sentita, poco apprezzabile durante l'incubazione, anche condotta agli ultimi periodi; per modo che la diminuzione, che in questo tempo avviene notabile nel peso intiero dell'uovo, è da ascriversi per la massima parte all'acqua perduta.

3.° Maggiore, e molto rilevante è la diminuzione degli indicati materiali nel pulcino uscito dal guscio, e che ha vissuto per un certo tempo digiuno; e tanto più rilevante quanto più ha vissuto digiuno; di maniera che dopo due giorni e mezzo circa di vita, la materia grassa si riduce a meno anche della metà di quella che esisteva primitivamente. Nella materia albuminoide la diminuzione non è precisamente in questa stessa proporzione ma anch'essa è molto vistosa; e nel lasso di tempo indicato si riduce per lo meno a due terzi del peso primitivo:

4.° Nei pulcini alimentati con fecula e zucchero la diminuzione è stata ugualmente notabile, e in ultimo press'a poco la stessa; anzi sensibilmente maggiore per parte delle materie grasse. Non per questo è a dirsi che l'alimento apprestato non abbia contribuito per niente al mantenimento della vita di questi pulcini. I quali anzi avendo vissuto di più dei digiuni, e più di questi vivaci, agitati, irrequieti, devono aver trovato in quello un utile riparo al dispendio maggiore richiesto per la respirazione.

5.° Finalmente anche nei pulcini alimentati come d'ordinario, ed in quello pure vissuto per cinque giorni liberamente presso la chioccia, la diminuzione e delle mate-

rie grasse e delle albuminoidi, se non è stata precisamente come nei precedenti, è però stata vistosamente notabile; cosicchè convien dire che nei primi giorni di vita il pulcino perde sempre, e molto più di quello che introduce colle materie, che gli servono di alimento.

Dal complesso delle quali deduzioni si conclude, che in ogni modo, e in ogni tempo si perde e si consuma tanto materie grasse che materie albuminoidi, le quali pure prendon parte all' atto respiratorio fino dalla incubazione. Sono dunque *respiratorie* anch' esse; e non solamente allora quando occorra supplire al difetto di quelle più strettamente respiratorie, ma quando pure si ha di queste a dovizia. Non si perdono però distruggendosi per intiero nella loro costituzione elementare, e per la sola ragione di svolger calorico. Poichè specialmente nella incubazione abbiamo formazione di un nuovo organismo; quindi vera ed assoluta formazione, anche nel senso chimico-fisiologico, di fibrina, globulina, ematosina, gelatina, condrina. E la costituzione elementare diversa di queste sostanze nuove ci fa manifesto, che le albuminoidi, dalle quali presero origine, han dovuto necessariamente perdere per fissazione d' ossigeno, più o meno di carbonio, più o meno d' idrogeno. La formazione poi di prodotti escrementizi, come la bile, e l' acido urico, che ad una certa epoca si raccoglie a vista nell' allantoide, e che seguita a prodursi unitamente a quella anche nel digiuno, o sotto l' uso d'alimento non azotato, ci conferma nel fatto del nuovo accozzo e della nuova distribuzione avvenuta negli elementi, e della continua modificazione cui soggiacciono le sostanze stesse albuminoidi.

E qui mi arresto per non abusare più a lungo della vostra indulgenza, persuaso d' altronde che possiate apprezzar di per voi tutto quell' interesse fisiologico, che son capaci d' ispirare sì fatte ricerche (1).

---

(1) Questo lavoro inviato dall' autore al Congrerso scientifico di Genova, letto, e reso ostensibile alla Sezione di Chimica dal respettivo segretario, ottenne per consenso unanime che fosse inserito per intiero negli Atti.

Osservazioni alla Memoria del Prof. A. Cima *di* C. Matteucci.

Nel tempo che ci corre l' obbligo di ringraziare l' autore d' averci dato a pubblicare nel Cimento un capitolo così importante di un Opera che ha di recente pubblicata, dobbiamo poi alla verità di fare pubbliche alcune dichiarazioni relative alle scoperte fatte dallo stesso A. e descritte in questo stesso capitolo.

Sta in fatto che il prof. Cima dopo di aver letto l'estratto della mia ultima Memoria sulla corrente propria, mi scriveva di essere giunto agli stessi risultati da me ottenuti e d' aver quindi trovato che la corrente chiamata *propria* della rana era un fenomeno generale, appartenente a tutte le masse muscolari, prese sopra vari animali, e che la sola condizione di questo fenomeno era quella da me pure trovata della disuguale distribuzione del tendine alle due estremità del muscolo. Gl' impediva la pubblicazione della scoperta, l' averla descritta in una memoria presentata per il concorso del premio Aldini all'Accademia delle Scienze di Bologna.

Leggendo ora l' intero lavoro del prof. Cima, che trovo pieno di molti nuovi esperimenti, eseguiti con tanta esattezza, e di considerazioni assai giuste tratte dai medesimi, non posso astenermi dalla penosa impressione che mi fa il vedere che un lavoro così lungo e difficile, condotto a buon fine come questo, non abbia ottenuto dall' Accademia di Bologna la ricompensa che per ogni ragione mi pareva meritare.

Chiunque, letto il programma del premio Aldini, scorrerà con attenzione l' Opera del prof. Cima, rimarrà sorpreso di apprendere che la Commissione dell'Accademia Bolognese, abbia dichiarato che la Memoria non aveva soddisfatto al tema.

Converrebbe supporre che questa Commissione avesse prima ripetute tutte le esperienze del prof. Cima e non le avesse trovate vere.

Credo impossibile a chiunque si accinga a questo lavoro col solo intendimento di scuoprire la verità, di giungere a questa conclusione.

Nuovi sperimenti sulla corrente propria della rana e sulla corrente muscolare. Scoperta della corrente propria in tutti gli animali (1).

Del Dott. Antonio Cima.

Prof. di Fisica nella R. Università di Cagliari.

§. 1. Esposte nelle due prime parti le molte sperienze tanto degli antichi, che dei moderni, intorno alle contrazioni galvaniche ed alle correnti elettro-fisiologiche, passerò ora ad esporre alcuni miei sperimenti intorno a questo soggetto, ed alcuni nuovi fatti da me osservati.

§. 2. Ripetendo l'esperienza fondamentale del Galvani, la quale consiste nel far venire a contatto del nervo ischiatico o della porzione di canale vertebrale e midolla spinale che resta a questo unita nella preparazione dell'animale, i muscoli della coscia o della gamba, osservai che nella generalità dei casi avvengono le contrazioni; ma studiando il fatto con maggior attenzione, e sperimentando in un numero grandissimo di ranocchi ho trovato, ottenersi più facilmente le contrazioni nella rana, mettendo il nervo suddetto a contatto del muscolo più grande della gamba, che mettendolo a contatto dei muscoli della coscia, anche dei laterali esterni, come suggeriva il Galvani. Mi occorse moltissime volte di vedere

(1) Capo distaccato da un'opuscolo intitolato, *Saggio storico-critico e sperimentale sulle contrazioni galvaniche e sulle correnti elettro-fisiologiche*, pubblicato in questi giorni a Cagliari coi tipi di A. Timon.

ben distinte le contrazioni in ranocchi debolissimi e piccoli, formando il circuito tra il nervo e i muscoli della gamba, e non vederle affatto stabilendolo tra il nervo e la coscia. Trovai inoltre costante la minor durata delle contrazioni, allorchè desse si fanno vedere, toccando col nervo i muscoli della coscia, relativamente a quelle che si ottengono toccando collo stesso nervo il muscolo gastronemio, ossia il muscolo maggiore e posteriore della gamba. Finalmente le contrazioni mancano più frequentemente, sono meno forti e meno durevoli, allorchè si lascia annessa al nervo ischiatico una porzione benchè piccola di canale vertebrale, e si spinge questa a contatto sia della coscia, sia della gamba. Vidi non poche volte ricomparire le contrazioni, rifacendo l'esperimento dopo aver troncato il nervo alla sua sortita dalla midolla spinale.

§. 3. Questa maggior difficoltà nel procurarsi le contrazioni mettendo a contatto dei muscoli della coscia il nervo ischiatico, la minor durata delle contrazioni in questo caso, si trovano mirabilmente d'accordo con quanto sappiamo, intorno alle leggi della corrente muscolare e della corrente propria della rana. Parto dal principio, che l'esistenza della corrente muscolare e della corrente della rana non possa cadere in dubbio, dietro quanto sono andato esponendo nella prima e nella seconda parte di questo scritto; parto anche dal principio, che dimostrai pienamente a suo luogo, che sia innegabile l'origine comune delle contrazioni galvaniche e dei segni di corrente elettrica al galvanometro in una rana preparata. Posto ciò essendo la corrente muscolare, a circostanze uguali, meno intensa, e durando meno che la corrente propria, come dimostrò il Matteucci e come ho costantemente verificato, non è da stupire che le contrazioni della rana galvanica durino meno e più difficilmente si faccino vedere, stabilendo il circuito tra il nervo ed il

muscolo della coscia, che stabilendolo tra il nervo e la parte inferiore della gamba. Nel primo caso è la corrente muscolare della coscia che è messa in circolo, nel secondo è messa in circolo la corrente propria.

§. 4. Ma se nel primo caso non è messa in circolo che la corrente muscolare, come si spiegano le contrazioni nella gamba del ranocchio, allorchè questa è fuori del circuito, allorquando l' estremità del nervo ischiatico si mette a contatto dei muscoli della coscia? Bensì se la gamba non è chiusa nel circolo, lo è il nervo crurale che in essa si distribuisce. La corrente muscolare invade questo nervo, e però la gamba si contrae, come si contrae allorchè, separata dalla coscia e tuttavia unita organicamente al detto nervo, si mette questo a contatto di due punti diversi dei muscoli della coscia. Ed ecco una nuova cagione della minor intensità delle contrazioni nella gamba, allorchè questa non è in circolo, ma è in circolo il suo nervo. Vedremo altrove come la rana galvanoscopica non indichi, dopo qualche tempo che è preparata, la presenza di una corrente elettrica in una pila muscolare, o di gambe di ranocchi, se non che allorquando il suo muscolo stesso entra in circolo. Questi fatti ci danno ragione della maggiore energia e durata delle contrazioni osservate dal Galvani nei casi in cui lasciava la rana coperta dei suoi naturali integumenti, levando solo una piccolissima porzione di pelle dal sito in cui intendeva spingere il nervo a contatto dei muscoli. Nel §. 15 della prima parte di questo scritto ho indicato il modo, come la pelle poteva colla sua presenza influire, sotto date circostanze, sulla maggiore energia e durata delle contrazioni galvaniche. Studiando attentamente nelle opere del Galvani ho potuto rilevare che, non so se a bella posta, o per mera combinazione, in tutti i casi in cui lasciava egli il ranocchio vestito della sua pelle, stabiliva il contatto del nervo col muscolo della gamba, av-

vece di stabilirlo coi muscoli della coscia, come praticava generalmente. Dietro l'osservazione dei suddetti fatti ho potuto riconoscere la cagione di una certa contraddizione che esiste tra il Galvani e l'Aldini, a proposito del tempo che ciascuno di essi assegna alla durata delle contrazioni galvaniche. La durata ad esse attribuita dall'Aldini è maggiore di quella assegnata dal Galvani. Prescindendo da tante altre cagioni che avranno potuto condurre l'Aldini a quel risultato, è da osservarsi che egli stabiliva più frequentemente il contatto tra il nervo ed il muscolo gastronemio, mentre Galvani lo stabiliva più spesso tra il nervo e la coscia, come dissi poco fa.

§. 5. Onde evitare l'obbiezione che potrebbe venirmi fatta contro il fenomeno della maggior o minor durata e facilità di ottenersi le contrazioni, toccando la gamba o la coscia, attribuendo ciò alla diversa lunghezza del circuito nei due diversi casi, ho sempre operato in modo che fosse costantemente lo stesso il punto del nervo che va a toccare il muscolo, sia della gamba, sia della coscia; così la lunghezza del nervo che entrava nel circuito era sempre l'istessa.

§. 6. Il Galvani scuoprì che facendo venire a contatto dei muscoli il nervo della sua rana, succedevano qualche volta le contrazioni anche all'aprire il circuito, ossia al momento del distacco di quelle due parti (1). Il Nobili marca il fatto delle contrazioni all'aprire il circuito, come raro (2). Ho preso a studiare il fenomeno delle contrazioni al chiudere e all'aprire il circuito come molto importante; e da un gran numero di sperimenti ho potuto conchiudere, che quando la rana è molto vivace e robusta le contrazioni si manifestano, tanto al momento che

(1) V. §. 16 del Capo I della Parte I, e passaggi delle opere del Galvani, ivi citati.

(2) V. §. 1 del Capo I, Sezione I della Part. II, e la memoria del Nobili, ivi citata.

il nervo ischiatico viene a contatto del muscolo della gamba, quanto al momento che si distaccano le parti da questo contatto. Le contrazioni sono da principio più intense al momento del contatto, che al momento del distacco, ossia più intense al chiudere che all'aprire il circuito; ma le prime vanno indi rapidamente decrescendo, mentre queste si mantengono di più e durano anche per lungo tempo, dopo che le prime hanno cessato del tutto. Se la rana è debole e piccola, le contrazioni al momento del contatto tra il nervo e la gamba mancano spesso, e non si fanno vedere che all'aprire il circuito. Qualche volta osservai in questo caso presentarsi le contrazioni al momento che si chiude il circuito, bagnando il nervo e il muscolo con dell'acqua salata, ma cessare poco dopo.

§. 7. Quest'andamento si verifica anche meglio servendosi di un arco liquido, acqua leggermente salata o acidulata, o acqua pura, secondo il grado di vigoria dell'animale. Immergendo in un piccolo recipiente contenente dell'acqua pura, il canale vertebrale o il nervo troncato, e le zampe d'una rana galvanica o d'una mezza rana tenuta isolata, si vedono le contrazioni tanto al chiudere che all'aprire il circuito, finchè la rana è vivace. Dopo qualche tempo, allorchè le sue forze cominciano ad abbassarsi, le contrazioni si fanno vedere solo all'aprire il circuito, cioè togliendo dal liquido o il nervo o la zampa. Avvengono questi fenomeni nello stesso ordine tenendo una mezza rana galvanica colle dita d'una mano, immergendone il nervo in un vasetto contenente dell'acqua, e chiudendo il circuito colla zampa di un'altra mezza rana tenuta colle dita dell'altra mano per il nervo. Anche disponendo le due mezze rane su d'un piano, come praticava il Nobili, e facendone venire a contatto dei muscoli della gamba dell'una il nervo dell'altra si osservano gli stessi fenomeni. Contrazioni voglio dire, al chiudere ed all'aprire il circuito, fino a certo tempo, dopo

qualche tempo contrazioni al solo aprire, ora in ambe le mezze rane, ora in una sola.

§. 8. Succede qualche volta, bensì di rado, di vedere nei primi tempi dello sperimento le contrazioni al solo chiudere, indi mostrarsi anche all'aprire. Dopo certo tempo le contrazioni si fanno vedere anche in questo caso, solamente all'aprire il circuito, cioè togliendo il nervo dal contatto col liquido del vasetto, e non più al chiuderlo. Questi fenomeni riescono meglio portando via tutta la midolla spinale, e lasciando così il solo nervo ischiatico. L'avere il Nobili ed altri fisici notato il fenomeno delle contrazioni all'aprire il circuito come raro, dipende certamente da ciò che ordinariamente non si sperimenta sulla stessa rana che per poco tempo, e presto si rigetta per dar mano ad altra di recente preparata.

§. 9. Questi fatti che ho verificato un grandissimo numero di volte in qualche centinaio di ranocchi, sono a parer mio di qualche importanza. Onde darne una spiegazione bisogna partire dagli effetti della corrente diretta e della corrente inversa sugli animali di recente uccisi. Si sa che toccando i nervi d'un ranocchio od anche di un animale a sangue caldo, un coniglio, un pollo ec. con una debole coppia voltaica si hanno le contrazioni muscolari in questi animali, al chiudere del circuito se la corrente è *diretta*, e all'aprirsi del medesimo se è *inversa*. In questo caso le due specie di contrazioni sono ben distinte. Ma non così avviene, ove si adoperi una pila voltaica d'una certa forza, avvece della semplice coppia. Le contrazioni si vedono allora tanto al chiudersi che all'aprirsi del circuito, qualunque sia la direzione della corrente che le eccita. Questa stessa corrente d'una pila alquanto forte finisce, dopo qualche tempo che continua ad agire sul nervo, col produrre gli stessi effetti della corrente della semplice coppia. Produce cioè le contrazioni muscolari, allorchè comincia ad agire se la sua

direzione è *diretta*, le produce all' interrompersi se la sua direzione è *inversa*. Questi risultati costanti dell' esperienza ci possono guidare nella spiegazione dei fenomeni che avvengono nel nostro caso. Una corrente elettrica scorre nella rana galvanica messa in circuito dai piedi alla testa, ossia dalla parte inferiore alla superiore della gamba. È questa dunque una corrente inversa, riguardata la sua direzione relativamente al nervo della gamba stessa, mentre la corrente muscolare scorre nella coscia della rana dalla parte interna del muscolo alla sua parte esterna. La corrente muscolare nella coscia della rana galvanica è dunque una corrente diretta. V' hanno adunque nella rana galvanica, in cui la coscia sia unita organicamente alla gamba due correnti, una opposta all' altra. La corrente risultante non sarà perciò che la differenza fra queste due correnti opposte. Ora essendo dimostrato da un gran numero di sperimenti che la corrente propria della rana è più durevole e più intensa della corrente muscolare, si trova la ragione della maggior durata delle contrazioni all' aprire, come abbiamo trovata la ragione della maggior facilità di ottenersi le contrazioni stabilendo il circolo tra il nervo e la inferior parte della gamba, che tra il nervo e i muscoli della coscia. Le leggi quindi della corrente propria e della corrente muscolare, quelle ben cognite della corrente diretta e della corrente inversa, secondo l' energia e la durata della loro azione su i nervi, ne spiegano completamente i fenomeni da me osservati (1).

(*Sarà continuata*)

(1) A quanto vengo da dire non si oppongono menomamente alcune sperienze dei sigg. Matteucci e Longet, e da essi pubblicate in una memoria che ha per titolo, *Sur la rélation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (Annal. de Chim. et de Phys. tom. XIV. septem. 1844). Operando essi non solo sulle rane, ma anche su delle biscie, dei conigli, dei cani e dei

INDICE

Memorie Originali

Pacinotti e *Peri*. Ricerche sperimentali sulla portata dei differenti orifizi, e sulla contrazione delle respettive vene fluide . . Pag. 3
Piria. Studi sulla costituzione chimica dell' asparagina e dell' acido aspartico . . . . . » 55
Matteucci. Osservazioni, sull' esperienze alla forza elettro-motrice della terra, del Prof. Magrini di Milano . . . . . » 73
Detto. Sull' uso del cloruro di zinco per impedire la putrefazione » 83
Ohm. Teoria matematica del circuito galvanico (*continuazione*) » 85
Mossotti O. F. Comunicazione sopra alcuni argomenti d' Acustica e d' Ottica-fisica . . . . . » 97
Cima. Applicazione della corrente elettrica alla terapeutica, e modo d' agire della medesima . . . . . » 106
Pacinotti e *Galli*. Esperienze sull' attrito di seconda specie . . » 117
Matteucci. Sullo stato dei coibenti, sia interposti a due conduttori carichi di elettricità contrarie, sia in presenza di una scarica elettrica . . . . . » 133
Felici. Nota sulla termo-elettricità del mercurio . . . . . » 165
Ohm. Teoria matematica del circuito galvanico (*continuazione*) » 169
Pilla. Descrizione dei caratteri del terreno etrurio . . . . . » 189
Matteucci. Sulla contrazione indotta . . . . . » 217
Selmi. Alcune osservazioni sul latte di cagna . . . . . » 240
Ohm. Teoria matematica del circuito galvanico (*continuazione*) » 246
Pilla. Alcune osservazioni circa la dottrina delle cause geologiche attuali, esposte dal Sig. Lyel . . . . . » 285
Matteucci. Alcune ricerche sulla respirazione delle piante . . » 302
Melloni. Analisi di tre memorie pubblicate dal Faraday intorno alle azioni delle calamite e delle correnti elettriche sulla luce polarizzata e sulla massima parte dei corpi ponderabili . . . . . » 316
Pacinotti e *Niccoli*. Esperienze dirette a determinare le velocità delle molecole fluide prossime al foro di emissione, nell' afflusso dei vasi . . . . . » 377

Mossotti. Considerazioni sulle forze di capillarità e coesione dei liquidi . . . . . Pag. 439
Pistolesi. Serie di verni rigidi e verni miti, come di state calde straordinariamente e di state fresche dal 762 al 1845-46 . . . . » 457
Ridolfi. Bibliografia . . . . . » 462
Pacini. Sulla meccanica dei muscoli intercostali, e Riflessioni critiche sugli esperimenti fisiologici nelle funzioni di meccanica animale » 473
Selmi. Cenno di alcuni studi sul latte . . . . . » 537
Ruschi. Sopra una impressione manifestatasi sulla tavoletta di un quadro. Lettera al Prof. Luigi Pacinotti . . . . . » 543
Capezzuoli. Ricerche sperimentali chimico-fisiologiche sulle uova e sui pulcini . . . . . » 548
Matteucci. Osservazioni alla Memoria del Prof. A. Cima. . . . » 553
Cima. Nuovi sperimenti sulla corrente propria della rana e sulla corrente muscolare. Scoperta della corrente propria in tutti gli animali . . . . . « 554

Notizie Scientifiche

Faraday. Ricerche sperimentali sull' elettricità 29, 30, 31 della serie delle sue memorie . . . . . » 184
Mialhe. Fisiologia sperimentale . . . . . » 186
Villefranche. Della differenza presentata nei fenomeni della digestione e della nutrizione fra gli animali erbivori e i carnivori. . » 187
Boussingault. Sulla produzione delle ossa . . . . . » 188
Detto. Composizione dell' urina degli erbivori . . . . . » 267
Millon. Produzione dell' idoforme . . . . . » 269
Schubert. Preparazione dell' acido butirrico . . . . . » ivi
Zinin. Azione del solfuro d' ammonio sull' azzobenzide . . . . » ivi
Detto. Azione del solfuro d' ammonio sul nitro benzoato d' ammonio . . . . . » 270
Mulder. Materie ceree delle piante . . . . . » 272
Wiggers. Sull' idrato dell' essenza di trementina . . . . . » 273
Merklein e *Wohler*. Acido bezoardico . . . . . » 274
Mulder. Colla alterata coll' ebollizione. . . . . » 276
Meteorologia. Caduta di areoliti . . . . . » 278
Notizie sopra un pezzo di platino nativo . . . . . » 281
Matteucci. Sulle ultime esperienze di Faraday . . . . . » 372
Detto. Sulle equazioni applicabili alla luce sotto l' azione del magnetismo di G. B. Airy . . . . . » 374
Detto. Sulle osservazioni ed esperienze dei Sigg. Scoresby e Soule sul potere meccanico del magnetismo, del vapore e dei cavalli . » 375

A pag. 13 ver. 20 ove dice = riconosciutà =
leggasi = sconosciuta =.

1859

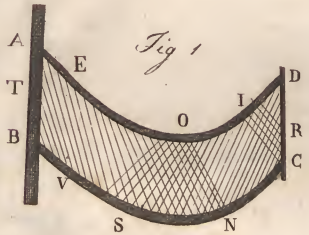


Fig 1
A
E
T
D
I
O
B
R
C
V
S
N

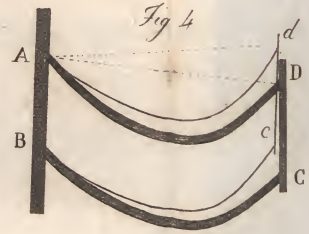


Fig 4
d
A
D
B
c
C

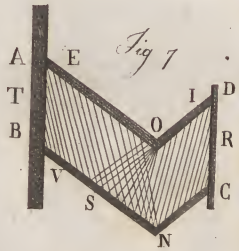


Fig 7
A
E
T
I
D
B
O
R
V
C
S
N

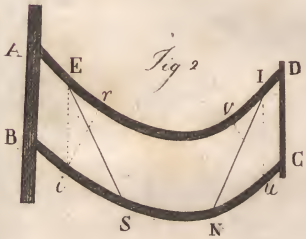


Fig 2
A
E
I
D
r
v
B
C
i
u
S
N

Fig 5
A
D
B
d
C
c

Fig 8
A
E
r
I
D
B
v
i
C
u
S
N

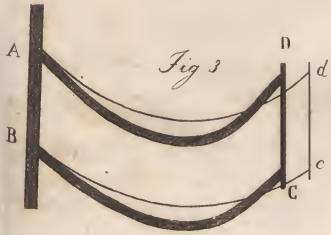
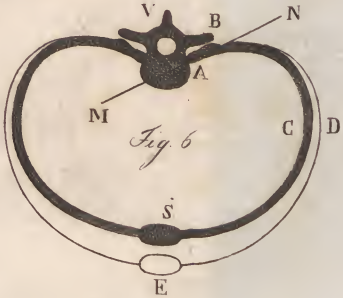


Fig 3
A
D
d
B
c
C


V
B
N
A
M
Fig 6
C
D
S
E

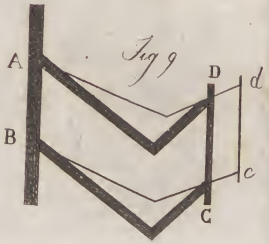


Fig 9
A
D
d
B
c
C

TAVOLA I.

Resultati dell' analisi chimica istituita sopra dodici uova di gallina diverse fra loro di peso, di volume, di freschezza, e provenienti da organismi diversi.

Numero d'ordine	Peso di ciascun uovo	Peso delle materie grasse estratte con etere, ed alcool.	Peso delle materie albuminoidi, residue al trattamento dell' etere e dell' alcool.	Media delle mater. grasse contenute in un uovo	Media delle mater. albuminoidi contenute in un uovo	Media dell'acqua contenuta in un uovo
1	Grani 930	Grani 101	Grani 132			
2	« 960	« 107	« 130			
3	« 1000	« 94	« 131			
4	« 1006	« 104	« 132			
5	« 1092	« 112	« 156			
6	« 1114	« 92	« 162			
7	« 1116	« 107	« 144	Grani 120	Grani 161	Grani 780
8	« 1128	« 117	« 144			
9	« 1176	« 125	« 150			
10	« 1272	« 125	« 172			
11	« 1332	« 148	« 192			
12	« 1392	« 131	« 182			

TAVOLA II.

Resultati dell' analisi chimica, e delle osservazioni istituite sul prodotto dell' incubazione di quattordici uova di gallina, ossia sul pulcino, a diversi gradi di sviluppo, e di vita, e sotto l' influenza di regime diverso.

Numero d' ordine	Peso di ciascun uovo: prima dell' incubaz.	Peso di ciascun uovo: dopo l' incubazione	Numero dei giorni d' incubazione, e grado di sviluppo	Numero delle ore e giorni di vita, e qualità di regime	Grado di calore al momento dell' uccisione	Peso delle materie grasse, estratte con etere ed alcool	Peso delle materie albuminoidi, residue al trattamento dell' etere e dell' alcool	Qualità, e quantità degli escrementi secchi
1	Grani 1140	Grani 1008	16. — Pulcino bene sviluppato in ragion dell' età.			Grani 104	Grani 142	
2	« 1092	« 948	18. — Idem acido urico nell' allantoide.			« 106	« 108	
3	« 1110		Idem			« 110	« 144	
4	« 1014		19. — Pulcino prossimo a uscire dal guscio. Acido urico nell' allantoide.			« 73	« 120	
5	« 1290	« 1134	20 — Idem; pigolante con acido urico in corrispond. del vitello quasi tutto rient.o			« 102	« 146	
6	« 1014			Per alcune ore presso la chioccia e per altre 24 in gabbia digiuno.		« 58	« 102	Grani 1 1/2 con acido urico.
7	« 1068			Idem — infine quasi moribondo.	21° 1/2 R.	« 64	« 123	
8	« 1008			Per 24 ore presso la chioccia, per altre 36 in gabbia digiuno, — infine abbastanza vivace.	29° 1/2 R.	« 51	« 106	Materia verde biliare, acido urico, e carbonati.
9	Pulcini nati da uova del peso di grani 942 a 1212, rimasti tutti per circa 24 ore presso la chioccia; poi messi separatamente in gabbia, dove furono tenuti per diverso tempo, e a regime diverso; tranne l' ultimo che restò libero presso la chioccia a cibarsi d'erba, miglio e pane.			Per 2 giorni digiuno; dissetato con sola acqua; sempre sofferente.	24° R.	« 61	« 105	Grani 2 con acido urico.
10				Per 3 giorni idem; sofferente solamente in ultimo.	23° R.	« 45	« 90	Grani 4 con acido urico in quantità.
11				Per 3 giorni e mezzo alimentato con pura fecula di patate umettata con acqua, — sofferente infine dopo molta vivacità.	25° R.	« 31 1/2	« 96	Grani 16 con moltissima fecula immutata; nulla di destrina e zucc. Acido urico.
12				Per 4 giorni e alcune ore a zucchero di canna umettato con acqua. In ultimo quasi moribondo dopo moltis. vivacità e agitazio.	17° R.	« 26 1/2	« 94	Grani 7 con materia verde biliare, acido urico e carbonati; con zucchero.
13				Per 3 giorni e mezzo a miglio e panico. Sofferente fin quasi dal principio.	23° R.	« 36	« 90	Grani 3 con acido urico.
14				Per 5 giorni libero presso la chioccia e in buon essere.	26° R.	« 40 1/2	« 116	

STATOTA I.

Questi sono quelli che sono stati eletti per il Consiglio.

| Nomi e Cognomi | Anni | Professione | Luogo di nascita | Luogo di domicilio | Data della nomina | Data della prima sua elezione | Data della seconda sua elezione | Data della terza sua elezione | Data della quarta sua elezione | Data della quinta sua elezione | Data della sesta sua elezione | Data della settima sua elezione | Data della ottava sua elezione | Data della nona sua elezione | Data della decima sua elezione | Data della undecima sua elezione | Data della duodecima sua elezione | Data della tredicesima sua elezione | Data della quattordicesima sua elezione | Data della quindicesima sua elezione | Data della sedicesima sua elezione | Data della diciassettesima sua elezione | Data della diciottesima sua elezione | Data della diciannovesima sua elezione | Data della ventesima sua elezione | Data della ventunesima sua elezione | Data della ventiduesima sua elezione | Data della ventitreesima sua elezione | Data della ventiquattresima sua elezione | Data della ventiquintesima sua elezione | Data della ventisestesima sua elezione | Data della ventisettesima sua elezione | Data della ventiottesima sua elezione | Data della ventinovesima sua elezione | Data della trentesima sua elezione | Data della trentunesima sua elezione | Data della trentaduesima sua elezione | Data della trentatreesima sua elezione | Data della trentaquattresima sua elezione | Data della trentaquintesima sua elezione | Data della trentasestesima sua elezione | Data della trentasettesima sua elezione | Data della trentaottesima sua elezione | Data della trentanovesima sua elezione | Data della quarantesima sua elezione | Data della quarantunesima sua elezione | Data della quarantaduesima sua elezione | Data della quarantatreesima sua elezione | Data della quarantaquattresima sua elezione | Data della quarantaquintesima sua elezione | Data della quarantasestesima sua elezione | Data della quarantasettesima sua elezione | Data della quarantaottesima sua elezione | Data della quarantanovesima sua elezione | Data della cinquantesima sua elezione | Data della cinquantunesima sua elezione | Data della cinquantaduesima sua elezione | Data della cinquantatreesima sua elezione | Data della cinquantaquattresima sua elezione | Data della cinquantaquintesima sua elezione | Data della cinquantasestesima sua elezione | Data della cinquantasettesima sua elezione | Data della cinquantaottesima sua elezione | Data della cinquantanovesima sua elezione | Data della sessantesima sua elezione | Data della sessantunesima sua elezione | Data della sessantaduesima sua elezione | Data della sessantatreesima sua elezione | Data della sessantaquattresima sua elezione | Data della sessantaquintesima sua elezione | Data della sessantasestesima sua elezione | Data della sessantasettesima sua elezione | Data della sessantaottesima sua elezione | Data della sessantanovesima sua elezione | Data della settantesima sua elezione | Data della settantunesima sua elezione | Data della settantaduesima sua elezione | Data della settantatreesima sua elezione | Data della settantaquattresima sua elezione | Data della settantaquintesima sua elezione | Data della settantasestesima sua elezione | Data della settantasettesima sua elezione | Data della settantaottesima sua elezione | Data della settantanovesima sua elezione | Data della ottantesima sua elezione | Data della ottantunesima sua elezione | Data della ottantaduesima sua elezione | Data della ottantatreesima sua elezione | Data della ottantaquattresima sua elezione | Data della ottantaquintesima sua elezione | Data della ottantasestesima sua elezione | Data della ottantasettesima sua elezione | Data della ottantaottesima sua elezione | Data della ottantanovesima sua elezione | Data della novantesima sua elezione | Data della novantunesima sua elezione | Data della novantaduesima sua elezione | Data della novantatreesima sua elezione | Data della novantaquattresima sua elezione | Data della novantaquintesima sua elezione | Data della novantasestesima sua elezione | Data della novantasettesima sua elezione | Data della novantaottesima sua elezione | Data della novantanovesima sua elezione | Data della centesima sua elezione | Data della centunesima sua elezione | Data della centaduesima sua elezione | Data della centatreesima sua elezione | Data della centaquattresima sua elezione | Data della centaquintesima sua elezione | Data della centasestesima sua elezione | Data della centasettesima sua elezione | Data della centaottesima sua elezione | Data della centanovesima sua elezione | Data della centesimaprima sua elezione | Data della centesimaprimaunesima sua elezione | Data della centesimaprimaduesima sua elezione | Data della centesimaprimatreesima sua elezione | Data della centesimaprimaquattresima sua elezione | Data della centesimaprimaquintesima sua elezione | Data della centesimaprimasestesima sua elezione | Data della centesimaprimasettesima sua elezione | Data della centesimaprimaottesima sua elezione | Data della centesimaprimanovesima sua elezione | Data della centesimaseconda sua elezione | Data della centesimasecondaunesima sua elezione | Data della centesimasecondaduesima sua elezione | Data della centesimasecondatreesima sua elezione | Data della centesimasecondaquattresima sua elezione | Data della centesimasecondaquintesima sua elezione | Data della centesimasecondasestesima sua elezione | Data della centesimasecondasettesima sua elezione | Data della centesimasecondaottesima sua elezione | Data della centesimasecondanovesima sua elezione | Data della centesimaterza sua elezione | Data della centesimaterzaunesima sua elezione | Data della centesimaterzaduesima sua elezione | Data della centesimaterzatreesima sua elezione | Data della centesimaterzaquattresima sua elezione | Data della centesimaterzaquintesima sua elezione | Data della centesimaterzasestesima sua elezione | Data della centesimaterzasettesima sua elezione | Data della centesimaterzaottesima sua elezione | Data della centesimaterzanovesima sua elezione | Data della centesimaquarta sua elezione | Data della centesimaquartaunesima sua elezione | Data della centesimaquartaduesima sua elezione | Data della centesimaquartatreesima sua elezione | Data della centesimaquartaquattresima sua elezione | Data della centesimaquartaquintesima sua elezione | Data della centesimaquartasestesima sua elezione | Data della centesimaquartasettesima sua elezione | Data della centesimaquartaottesima sua elezione | Data della centesimaquartanovesima sua elezione | Data della centesimaquinta sua elezione | Data della centesimaquintaunesima sua elezione | Data della centesimaquintaduesima sua elezione | Data della centesimaquintatreesima sua elezione | Data della centesimaquintaquattresima sua elezione | Data della centesimaquintaquintesima sua elezione | Data della centesimaquintasestesima sua elezione | Data della centesimaquintasettesima sua elezione | Data della centesimaquintaottesima sua elezione | Data della centesimaquintanovesima sua elezione | Data della centesimasesta sua elezione | Data della centesimastaunesima sua elezione | Data della centesimastaduesima sua elezione | Data della centesimastatreesima sua elezione | Data della centesimastaquattresima sua elezione | Data della centesimastaquintesima sua elezione | Data della centesimastasestesima sua elezione | Data della centesimastasettesima sua elezione | Data della centesimastaottesima sua elezione | Data della centesimastanovesima sua elezione | Data della centesimasettima sua elezione | Data della centesimasettimaunesima sua elezione | Data della centesimasettimaduesima sua elezione | Data della centesimasettimatreesima sua elezione | Data della centesimasettimaquattresima sua elezione | Data della centesimasettimaquintesima sua elezione | Data della centesimasettimasestesima sua elezione | Data della centesimasettimasettesima sua elezione | Data della centesimasettimaottesima sua elezione | Data della centesimasettimanovesima sua elezione | Data della centesimaottava sua elezione | Data della centesimaottavaunesima sua elezione | Data della centesimaottavaduesima sua elezione | Data della centesimaottavatreesima sua elezione | Data della centesimaottavaquattresima sua elezione | Data della centesimaottavaquintesima sua elezione | Data della centesimaottavasestesima sua elezione | Data della centesimaottavasettesima sua elezione | Data della centesimaottavaottesima sua elezione | Data della centesimaottavanovesima sua elezione | Data della centesimanona sua elezione | Data della centesimanonaunesima sua elezione | Data della centesimanonaduesima sua elezione | Data della centesimanonatreesima sua elezione | Data della centesimanonaquattresima sua elezione | Data della centesimanonaquintesima sua elezione | Data della centesimanonasestesima sua elezione | Data della centesimanonasettesima sua elezione | Data della centesimanonaottesima sua elezione | Data della centesimanonanovesima sua elezione | Data della centesimadecima sua elezione | Data della centesimadecimaunesima sua elezione | Data della centesimadecimaduesima sua elezione | Data della centesimadecimatreesima sua elezione | Data della centesimadecimaquattresima sua elezione | Data della centesimadecimaquintesima sua elezione | Data della centesimadecimasestesima sua elezione | Data della centesimadecimasettesima sua elezione | Data della centesimadecimaottesima sua elezione | Data della centesimadecimanovesima sua elezione | Data della centesimaundecima sua elezione | Data della centesimaundecimaunesima sua elezione | Data della centesimaundecimaduesima sua elezione | Data della centesimaundecimatreesima sua elezione | Data della centesimaundecimaquattresima sua elezione | Data della centesimaundecimaquintesima sua elezione | Data della centesimaundecimasestesima sua elezione | Data della centesimaundecimasettesima sua elezione | Data della centesimaundecimaottesima sua elezione | Data della centesimaundecimanovesima sua elezione | Data della centesimaduodecima sua elezione | Data della centesimaduodecimaunesima sua elezione | Data della centesimaduodecimaduesima sua elezione | Data della centesimaduodecimatreesima sua elezione | Data della centesimaduodecimaquattresima sua elezione | Data della centesimaduodecimaquintesima sua elezione | Data della centesimaduodecimasestesima sua elezione | Data della centesimaduodecimasettesima sua elezione | Data della centesimaduodecimaottesima sua elezione | Data della centesimaduodecimanovesima sua elezione | Data della centesimatredicesima sua elezione | Data della centesimatredicesimaunesima sua elezione | Data della centesimatredicesimaduesima sua elezione | Data della centesimatredicesimatreesima sua elezione | Data della centesimatredicesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatredicesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatredicesimasestesima sua elezione | Data della centesimatredicesimasettesima sua elezione | Data della centesimatredicesimaottesima sua elezione | Data della centesimatredicesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquattordicesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquindicesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquindicesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquindicesimanovesima sua elezione | Data della centesimasedicesima sua elezione | Data della centesimasedicesimaunesima sua elezione | Data della centesimasedicesimaduesima sua elezione | Data della centesimasedicesimatreesima sua elezione | Data della centesimasedicesimaquattresima sua elezione | Data della centesimasedicesimaquintesima sua elezione | Data della centesimasedicesimasestesima sua elezione | Data della centesimasedicesimasettesima sua elezione | Data della centesimasedicesimaottesima sua elezione | Data della centesimasedicesimanovesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimaunesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimaduesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimatreesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimaquattresima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimaquintesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimasestesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimasettesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimaottesima sua elezione | Data della centesimadiciassettesimanovesima sua elezione | Data della centesimadiciottesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimaunesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimaduesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimatreesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimaquattresima sua elezione | Data della centesimadiciottesimaquintesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimasestesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimasettesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimaottesima sua elezione | Data della centesimadiciottesimanovesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimaunesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimaduesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimatreesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimaquattresima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimaquintesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimasestesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimasettesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimaottesima sua elezione | Data della centesimadiciannovesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventesima sua elezione | Data della centesimaventesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventunesima sua elezione | Data della centesimaventunesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventunesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventunesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventunesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventunesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventunesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventunesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventunesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventunesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventiduesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventiduesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventiduesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventitreesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventitreesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventitreesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimaunesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimaduesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimatreesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimasestesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimasettesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimaottesima sua elezione | Data della centesimaventiquattresimanovesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventiquintesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventisestesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventisestesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventisestesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventisettesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventisettesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventisettesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventiottesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventiottesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventiottesimanovesima sua elezione | Data della centesimaventinovesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimaunesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimaduesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimatreesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaventinovesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimasestesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimasettesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimaottesima sua elezione | Data della centesimaventinovesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentesima sua elezione | Data della centesimatrentesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentunesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentunesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentunesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentaduesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentatreesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentaquattresimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentaquintesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentasestesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentasettesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentaottesimanovesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimaunesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimaduesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimatreesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimaquattresima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimaquintesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimasestesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimasettesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimaottesima sua elezione | Data della centesimatrentanovesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantunesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantaduesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantatreesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquattresimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantaquintesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantasestesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantasettesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantaottesimanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimaunesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimaduesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimatreesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimaquattresima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimaquintesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimasestesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimasettesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimaottesima sua elezione | Data della centesimaquarantanovesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantunesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantaduesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantatreesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquattresimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantaquintesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantasestesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantasettesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantaottesimanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimaunesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimaduesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimatreesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimaquattresima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimaquintesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimasestesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimasettesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimaottesima sua elezione | Data della centesimacinquantanovesimanovesima sua elezione | Data della centesimasessantesima sua elezione | Data della centesimasessantesimaunesima sua elezione | Data della centesimasessantesimaduesima sua elezione | Data della centesimasessantesimatreesima sua elezione | Data della centesimasessantesimaquattresima sua elezione | Data della centesimasessantesimaquintesima sua elezione | Data della centesimasessantesimasestesima sua elezione | Data della centesimasessantesimasettesima sua elezione | Data della centesimasessantesimaottesima sua elezione | Data della centesimasessantesimanovesima sua elezione | Data della centesimasessantunesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimaunesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimaduesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimatreesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimaquattresima sua elezione | Data della centesimasessantunesimaquintesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimasestesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimasettesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimaottesima sua elezione | Data della centesimasessantunesimanovesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimaunesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimaduesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimatreesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimaquattresima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimaquintesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimasestesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimasettesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimaottesima sua elezione | Data della centesimasessantaduesimanovesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimaunesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimaduesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimatreesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimaquattresima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimaquintesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimasestesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimasettesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimaottesima sua elezione | Data della centesimasessantatreesimanovesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimaunesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimaduesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimatreesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimaquattresima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimaquintesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimasestesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimasettesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimaottesima sua elezione | Data della centesimasessantaquattresimanovesima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesimaunesima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesimaduesima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesimatreesima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesimaquattresima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesimaquintesima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesimasestesima sua elezione | Data della centesimasessantaquintesimasettesima sua elezione | Data della centesimasessantaqu

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE fatte nel Gabinetto di Fisica dell' I. e R. Università di Pisa nel mese di Agosto dell' anno 1846.

Giorno del Mese	9 ORE DELLA MATTINA			MEZZOGIORNO			3 ORE POMERIDIANE			9 ORE DELLA SERA			TEMPERATURA		STATO DEL CIELO	VENTI	STATO
	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saussurre	Barometro a 0°	Termomet. esterno	Igrom. di Saus. surre	Massima	Minima	A MEZZOGIORNO	A MEZZOGIOR.	ELETTRICO
1	762,40	+ 28,4	68	761,75	+ 27,4	68	761,80	+ 30,0	63	761,70	+ 25,4	84	+ 28,0	+14,5	Bello	O - NO	
2	762,50	28,4	79	762,65	29,0	60	762,60	29,3	76	762,90	23,3	88	30,5	15,0	Bello	NO	
3	764,25	28,2	80	764,40	29,3	78	764,15	28,2	76	764,40	24,4	91	29,5	17,0	Bello	N	
4	765,15	27,0	85	764,70	29,2	78	764,15	28,6	76	764,20	25,2	94	28,5	15,5	Bello	NE	
5	764,70	27,6	86	764,15	28,6	64	763,30	29,2	66	763,35	25,6	81	30.0	17,0	Bello	N	
6	763,75	28 0	74	763,35	30,6	66	764,35	29,8	65	762,80	26,8	74	32,0	16,0	Bello con qualche nuvolo	SO	
7	761,45	24,0	88	761,15	28,2	75	759,80	27,6	83	759,90	21,4	94	32,0	16,0	Temp. con fulm. e piog.	SE	
8	761,40	23,2	87	762,40	25,6	83	761,75	25,6	80	761,85	23,2	90	29,0	13,0	Nuvoloso	S - SO	
9	761,80	24,0	90	762,70	27,8	80	762,85	27,3	78	763,20	23,2	90	26,0	14,0	Nubi sparse	O - NO	
10	764,50	26,4	86	764,80	27,8	80	764,35	27,0	83	764,15	23,4	90	28,0	15,0	Bello	O	
11	766,50	26,0	87	767,10	27,5	84	766,80	27,0	80	766,30	25,0	93	27,5	15,0	Bello	O	
12	766,00	26,0	90	765,75	28,2	80	765,30	27,8	78	764,85	24,0	90	27,5	15,0	Bello	S	
13	763,15	27,0	80	762.20	29,6	66	761,60	28,0	70	761,80	23,8	88	27,5	14,5	Bello	E	
14	762,15	27.6	83	761,30	27,8	82	760,10	27,6	82	759,70	23,6	90	29,2	16,0	Bello, ma caliginoso	SO	
15	760,50	26,4	66	760.65	29,0	60	760,20	28,6	70	760,60	24,8	75	28,0	15,0	Bello	NE	
16	761,55	27,6	64	760,55	29,0	63	760,30	28,2	66	761,30	23,8	83	28,5	14,0	Bello con qualche nuvolo	E	
17	762,50	26,8	76	762,65	28,6	75	762,15	27,8	78	762,15	23,2	93	29,0	15,0	Coperto	NE	
18	761,80	26,4	80	762,15	27,6	73	761,45	26,2	84	761,60	22,8	94	28,5	15,5	Coperto	O - NO	
19	761,85	25,8	86	761,70	26,2	83	761,20	25,6	84	760,85	23,8	90	28,2	15,0	Nubi sparse	S - SO	
20	760,20	25,6	78	760,15	26,2	74	759,80	26,0	73	759,85	22,6	91	26,0	14,0	Nubi sparse	O - NO	
21	759,70	24,4	84	759,50	26,2	78	757,55	25,2	75	756,45	22,0	88	25,5	13,5	Nubi sparse	O - NO	
22	754,25	24,8	80	754,30	23.8	76	754,70	23,6	78	755,30	19,0	98	26,5	16,0	Pioggia	O - NO	
23	757,20	22,6	84	757,55	19,6	100	757,40	23,0	80	757,90	20,2	94	24,0	13,0	Pioggia	E - NE	
24	758,30	23,6	80	758,50	24,8	78	758,45	24,2	84	760,60	21,2	93	23,0	12,0	Bello	NO	
25	760,60	25,6	85	760,50	27,0	84	760,60	27,1	80	761,30	23,6	88	25,0	14,5	Bello	O	
26	762,50	26,0	76	762,40	27,0	70	761,60	26,6	78	759,45	24,0	90	26,5	14,0	Qualche nuvolo	E	
27	761,25	27,0	77	760,90	26,8	72	760,15	25,4	84	757,15	23,0	93	27,0	14,5	Bello	S - SE	
28	757,30	24,0	88	757,15	26,0	78	756,65	23,6	83	756,35	20,6	90	27,0	14,5	Pioggia	N	
29	757,60	19,8	86	756,50	21,6	91	756,20	24,0	84	758,30	19,6	93	25,0	14,0	Pioggia forte	SO	
30	756,85	21,4	82	757,15	22,8	80	757,55	24,0	76	760,75	19,2	86	24,0	12,0	Coperto	O	
31	759,90	21,4	78	760,60	26,0	68	760,55	24, 4	75	761,30	21,2	88	25,5	12,0	Nubi sparse	N	
1	763,19	+ 26,5	80	763,19	+ 28,7	73	763,91	+ 28,2	74	762,84	+ 24,2	87	+ 29,3	+15,3 . . Media dal 1.° al 10 + 26,9		Pioggia in cent.	
2	762,62	26,5	78	762,42	28,0	74	761,89	27,3	76	761,90	23,7	88	28,0	14,9 . . Media dagli 11 ai 20 26,4		Orto 6,92	
3	759,20	22,7	80	759 52	25,2	74	759,31	24,5	77	759,82	21,2	89	25,4	12,9 . . Media dal 21 al 31 23,4		Campan. della Primaz. 5,37	
	761,67	25,2	79	761,71	28,0	74	761,70		76	761,52	23,0	88	27,6	14,4 . . . Media del mese + 25,6			

1859

CONDIZIONI DELL' ASSOCIAZIONE

Le associazioni e distribuzioni per Pisa si fanno alla Tipografia di Rocco Vannucchi.

Le associazioni per il resto della *Toscana* si ricevono in *Firenze* al *Gabinetto Scientifico Letterario* di *G. P. Vieusseux*.

Per il resto dell' Italia presso i corrispondenti del Sig. *Vieusseux*.

All'Estero;

Per la FRANCIA, presso *F. Klincksick*. 11. *Rue de Lille* a Parigi.

Per l' INGHILTERRA, presso *Molini*, *King William Street* a Londra.

Per la GERMANIA, presso *T. Fues* di Tubinga.

I prezzi di associazione da pagarsi anticipatamente, sono:

L. 16 — toscane franco di porto per tutta la *Toscana* sino ai confini; e per tutti quelli che fuor di Toscana si contentano di riceverlo per la via economica libraria, i porti e dazj a carico loro;

L. 21. — franco di porto per la Posta, per il *Regno di Sardegna* e lo *Stato Pontificio*, paesi pei quali si può francare.

N. B. Resta ben inteso che fuor che per il Regno di Sardegna, e lo Stato Pontificio, chi chiederà il Giornale per la Posta, si obbliga a pagare tutte le spese postali.